

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ  
ÚSTAV FYZIKÁLNÍ A SPOTŘEBNÍ CHEMIE

FACULTY OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF PHYSICAL AND APPLIED CHEMISTRY

VLIV SMĚSÍ ROZPOUŠTĚDEL NA POLYMERNÍ POVRCHOVÉ ÚPRAVY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

LUCIE TRHLÍKOVÁ

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV FYZIKÁLNÍ A SPOTŘEBNÍ CHEMIE

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF PHYSICAL AND APPLIED CHEMISTRY

# VLIV SMĚSÍ ROZPOUŠTĚDEL NA POLYMERNÍ POVRCHOVÉ ÚPRAVY

INFLUENCE OF MIXTURE OF SOLVENTS ON POLYMER FINISHES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LUCIE TRHLÍKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROMÍR TULKA, CSc.

BRNO 2010



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	<b>FCH-BAK0488/2009</b>	Akademický rok: <b>2009/2010</b>
Ústav:	Ústav fyzikální a spotřební chemie	
Student(ka):	<b>Lucie Trhlíková</b>	
Studijní program:	Chemie a chemické technologie (B2801)	
Studijní obor:	Spotřební chemie (2806R002)	
Vedoucí práce	<b>Ing. Jaromír Tulka, CSc.</b>	
Konzultanti:		

### Název bakalářské práce:

Vliv směsí rozpouštědel na polymerní povrchové úpravy

### Zadání bakalářské práce:

Literární rozbor vzájemné kompatibility organických rozpouštědel a vlivu směsí rozpouštědel na polymerní materiály. Laboratorní testy vzájemné mísitelnosti vybraných rozpouštědel a testy vlivu směsí rozpouštědel na povrchové úpravy z polyvinylchloridu, polyesteru a polyuretanu. Úvodní hodnocení vlivu vybraných aditiv na vzájemnou interakci polymerní povrchové úpravy a směsi organických rozpouštědel.

### Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2010

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

-----  
Lucie Trhlíková  
Student(ka)

-----  
Ing. Jaromír Tulka, CSc.  
Vedoucí práce

-----  
prof. Ing. Miloslav Pekař, CSc.  
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2009

-----  
prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Práce je zaměřena na studium vlastností směsí rozpouštědel při interakci s vybranými povrchovými úpravami. Hodnotí se odolnost povrchových úprav na bázi polymerních povlaků proti účinku směsí rozpouštědel a odstranitelnost vybraných nečistot z povlaků typu polyvinylchlorid, polyester a polyuretan pomocí směsí cyklohexanon –  $\gamma$ -butyrolakton – 2,5,7,10-tetraoxaundekan v různých koncentračních poměrech.

## **ABSTRACT**

This study points out at character details of a solvent mixture together with a choosen modification of a surface. There is evaluated a resistance of the modified surface where is used polymer rating as a base of this surface against using that solvent mixture and a removability of choosen impurities from the rating like polyvinyl chloride, polyester and polyuretane with support of cyklohexanone- $\gamma$ -butyrolacetone-2,5,7,10-tetraoxandekane where is used in different concentration ratio.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

povrchová úprava, povlak, polymer, polyvinylchlorid, polyester, polyuretan, rozpouštědlo, odolnost.

## **KEYWORDS**

Finish, rating, polymer, polyvinyl chloride, polyester, polyuretane, solvent, resistance.

TRHLÍKOVÁ, L. *Vliv směsí rozpouštědel na polymerní povrchové úpravy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2010. 46 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaromír Tulka, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis studenta

*Poděkování:*

*Děkuji tímto vedoucímu práce Ing. Jaromíru Tulkovi, CSc. Za odborné vedení a pomoc při vypracovávání bakalářské práce, za trpělivost, vstřícnost a poskytnuté rady.*

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>8</b>
2.1	Povrchové úpravy .....	8
2.1.1	Význam povrchových úprav .....	8
2.1.2	Rozdělení povrchových úprav .....	8
2.2	Polymerní a organické povlaky (nátěry) .....	8
2.2.1	Dělení nátěrových hmot .....	9
2.2.2	Povlaky polyvinylchloridu .....	10
2.2.3	Polyesterové povlaky .....	11
2.2.4	Polyuretanové povlaky .....	12
2.2.5	Úprava povrchu pod nátěr .....	13
2.3	Rozpouštědla.....	14
2.3.1	Dělení rozpouštědel.....	14
2.3.2	Vzájemná mísitelnost rozpouštědel.....	15
2.3.3	Vybrané typy rozpouštědel .....	15
2.3.3.1	Chlorovaná rozpouštědla .....	15
2.3.3.2	N-methyl-2-pyrrolidon .....	15
2.3.3.3	Ketony.....	16
2.3.3.4	Laktamy .....	16
2.3.3.5	Acetaly .....	16
2.3.4	Vliv rozpouštědel na polymerní materiály .....	17
2.3.5	Aditiva .....	17
<b>3</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>18</b>
3.1	Aditiva.....	18
3.2	Použitý podkladový materiál .....	18
3.2.1	PVC .....	18
3.2.2	MDF deska.....	19
3.2.3	Ocelový plech .....	19
3.3	Nátěrové systémy.....	20
3.3.1	Polyesterové povlaky .....	20
3.3.2	Polyuretanové povlaky .....	20
3.4	Použitá rozpouštědla .....	20
3.4.1	Cyklohexanon .....	21
3.4.2	TOU.....	21
3.4.3	$\gamma$ -butyrolakton.....	22
3.4.4	Izopropylalkohol .....	22
3.5	Směsi rozpouštědel .....	23
3.6	Modelové znečištění.....	23
3.6.1	Barevný sprej .....	23
3.6.2	Permanent Mark-4-all černý, červený .....	23
3.6.3	Centropen Marker 9220.....	24
3.7	Zkušební metody.....	24
3.7.1	Hodnocení nátěrových hmot – zasychání nátěru .....	24
3.7.2	Hodnocení zhotovených povlaků .....	24
3.7.2.1	Tloušťka nátěru .....	24
3.7.2.2	Přilnavost nátěru.....	25

3.7.3	Odolnost polymerních povlaků a odstranitelnost modelových nečistot.....	26
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>28</b>
4.1	Výsledky odolnosti PVC .....	28
4.1.1	Výsledky odolnosti PVC (imitace třešň) .....	28
4.1.2	Výsledky odolnosti PVC (bílá lesk).....	28
4.2	Výsledky stanovených vlastností polyesterového nátěru.....	29
4.3	Výsledky odolnosti polyesterového nátěru .....	29
4.4	Výsledky stanovení vlastností polyuretanového nátěru .....	30
4.5	Výsledky odolnosti polyuretanového nátěru .....	30
4.6	Porovnání odolnosti povlaků .....	31
4.7	Výsledky odstranitelnosti modelových nečistot .....	34
4.7.1	Povlaky polyvinylchloridu .....	34
4.7.1.1	PVC (imitace třešň) .....	34
4.7.1.2	PVC (bílá lesk) .....	36
4.7.2	Polyuretanový povlak.....	38
4.7.3	Obrázkové znázornění odstranění modelových nečistot .....	40
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>46</b>

## 1 ÚVOD

Polyvinylchloridové, polyesterové a polyuretanové povlaky patří mezi velmi rozšířené úpravy různých materiálů. S těmito úpravami se setkáváme naprosto všude. Polyvinylchloridové povlaky se používají při výrobě nábytku, k zhotovování reklamních cedulí a dalších průmyslových a spotřebních předmětů. Polyesterové povlaky se hojně využívají ke zhotovování příslušenství motorových vozidel, osvětlovacích zařízení a výrobků určených k venkovnímu používání. Polyuretanové povlaky se používají v náročných prostředích, upřednostňuje se u nich velká odolnost proti povětrnostním a chemickým vlivům. Díky širokému používání těchto povlaků se v bakalářské práci hodnotila jejich odolnost vůči různým rozpouštědlům.

U těchto povrchů také velmi často dochází k jejich znečištění, proto je dobré vědět, jak se dá nečistota odstranit a jaký vliv bude mít čisticí směs na tento materiál. V minulosti se používaly do čisticích směsí rozpouštědla, které byly nešetrné k životnímu prostředí nebo velmi toxická. V bakalářské práci byla použita rozpouštědla, která jsou málo těkavá a vyznačují se nízkou toxicitou.



## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Povrchové úpravy

#### 2.1.1 Význam povrchových úprav

Povrchovými úpravami [1] se označují úpravy, které vedou ke zlepšení vlastností materiálů nebo výrobků, které před úpravou nevyhovovaly předpokládaným požadavkům.

#### 2.1.2 Rozdělení povrchových úprav

Povrchové úpravy materiálů můžeme rozdělit podle účelu použití nebo podle funkce.

Povrchové úpravy podle účelu se dělí do tří základních skupin, které se mohou vzájemně prolínat:

- povrchové úpravy ochranné – jsou určeny k ochraně povrchu proti škodlivým vlivům
- povrchové úpravy dekorální – jsou určeny k zabezpečení složek estetického vlivu
- povrchové úpravy speciální – jsou určeny např. k zabezpečení tvrdosti a odolnosti povrchu

Povrchové úpravy podle funkce se dělí do čtyř základních skupin, které se také mohou vzájemně prolínat:

- povrchové úpravy izolující málo odolný podklad od znehodnocujícího prostředí
- povrchové úpravy chránící málo odolný podklad elektrochemickým účinkem
- povrchové úpravy chránící málo odolný podklad proti mechanickým vlivům
- povrchové úpravy se specifickou funkcí, např. protipožární, signalizační aj.

Dále se mohou povrchové úpravy rozlišit podle materiálové nebo technologické podstaty.

Povrchové úpravy podle materiálové podstaty:

- anorganické nekovové povlaky – např. fosfátové, oxidové
- kovové povlaky – např. měděné, niklové
- slitinové povlaky – např. nikl-fosfor
- disperzní (kompozitní) povlaky – např. nikl-fosfor-teflon
- organické povlaky – např. nitrocelulóзовé, syntetické, polyuretanové
- smalty

Povrchové úpravy podle technologické podstaty:

- chemické
- elektrochemické
- aplikace tavenin
- plátování a laminace
- natírání, válečkování, clonování, máčení, stříkání
- speciální (plasmatické nástřiky, iontová nitridace, laserové techniky, PVD, CVD)

### 2.2 Polymerní a organické povlaky (nátěry)

Nátěrová hmota [2] je souhrnný název pro všechny výrobky, jejichž pojivem je zpravidla organická filmotvorná látka. Nátěrové hmoty se uplatňují téměř ve všech odvětvích průmyslu.

Nátěr chrání povrchy před korozi a povětrnostními vlivy a také zlepšuje jejich vzhled. Nanáší se v tekutém stavu vhodnou nanášecí technikou za vzniku povlaku požadovaných vlastností. Tato hmota po nanesení v tenké vrstvě vytvoří po zaschnutí tzv. nátěrový film. Hotový celistvý povlak vzniklý nanesením a zaschnutím obvykle několika nátěrových vrstev se nazývá nátěr. Základní složkou nátěrové hmoty je pojivo tvořené filmotvornými látkami. Pokud nátěrová hmota obsahuje pigment, nazývá se barvou, pokud pigment neobsahuje, nazývá se lakem.

### 2.2.1 Dělení nátěrových hmot

Nátěry se dělí do několika skupin [2], [4] a [6]:

Dělení nátěrů podle chemických vlastností:

- vlastnosti nátěrů určené pigmenty (např. suříkem)
- vlastnosti nátěrů určené filmotvornou složkou (např. alkydem, polyuretanem)

#### *Vlastnosti nátěrů určené pigmenty*

Pigmenty mají vliv na ochranné vlastnosti a životnost nátěrů. Používají se vždy v kombinaci s pojivem. Nejlepšími antikorozními pigmenty jsou dosud toxické sloučeniny obsahující olovo a chromanový anion. Je snaha tyto toxické sloučeniny nahradit. Pro pigmentaci vrchních ochranných nátěrů se používají převážně netoxické sloučeniny, jako oxid titaničitý, oxid železitý a oxid zinečnatý.

#### *Vlastnosti nátěrů určené filmotvornou složkou*

Vlastnosti filmotvorných látek např. chemické vazby v nich obsažené ovlivňují svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi přilnavost, nasákavost a další vlastnosti nátěrů.

Dělení nátěrů podle pořadí nanášení jednotlivých vrstev:

- napouštěcí – používají se k napouštění savých podkladů, např. dřeva, betonu
- základní – používají se pro první nátěr nenatřeného nebo nenapouštěného povrchu nebo případně první vrstvu obnovovacího nátěru
- vyrovnávací – používají se pro vyrovnání povrchu podkladu
- podkladové – používají se jako vrstva pro vrchní nátěr
- vrchní – používají se jako poslední vrstva nátěru

Dělení podle způsobu zasychání:

- fyzikální – při zasychání se odpařuje rozpouštědlo nebo tuhne hmota, která byla před tím roztavena
- chemické – film se tvoří chemickými pochody (oxidace, polymerace apod.), při kterých se z původních nízkomolekulárních látek stávají vysokomolekulární
- fyzikální i chemické – film vzniká odpařením rozpouštědel a chemickou reakcí

Dělení podle podmínek zasychání:

- schnoucí na vzduchu – nátěr zasychá za podmínek okolního prostředí
- vhodné k přisoušení – nátěr zasychá za normálních podmínek i při zvýšené teplotě
- vypalovací – nátěr se vytváří za zvýšené teploty chemickou reakcí
- vytvrzované zářením – nátěr se vytváří působením záření (UV, IR apod.)
- tavené – povlak se vytváří roztavením

Dělení podle nanášení:

- nanášení štětcem – vhodné pro nátěrové hmoty, které po nanesení mění svou konzistenci jen pomalu (např. olejové)
- stříkáním – rozprašení nátěrové hmoty na drobné kapičky pomocí stříkací pistole
- máčením
- elektrochemickým nanášením

Dělení podle odolnosti nátěru:

- interiérové – nátěrové systémy používané v interiérech, málo odolné proti venkovním vlivům a UV záření
- exteriérové – nátěrové systémy používané v exteriérech, odolné proti atmosférickým vlivům
- speciální – chemicky odolné

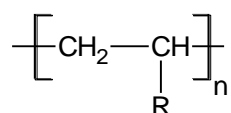
Dělení podle počtu složek:

- jednosložkové
- dvousložkové
- vícesložkové

### 2.2.2 Povlaky polyvinylchloridu

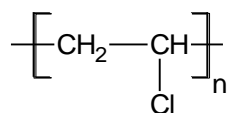
Polyvinylchlorid [4] je běžně užívaný plast dobře odolávající vodě i mnoha chemickým prostředím. Pro výrobu nátěrových hmot se však nehodí, protože se nerozpouští v běžných organických rozpouštědlech. Polární atomy chloru a vodíku, obsažené v řetězci polyvinylchloridu, vytvářejí poměrně pevné vazby mezi jednotlivými lineárními řetězci polymeru.

Vinylové polymery vznikají polymerací monomerů  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{R}$ . Vznikají makromolekuly typu:



Kopolymerace se provádí pro dosažení rozpustnosti kopolymeru v běžných rozpouštědlech a ke zvýšení vláčnosti. Podmínkou kopolymerace je zachování chemické odolnosti, touto odolností se vyznačuje PVC.

Dosažením – Cl za – R



dostaneme polyvinylchlorid.

Polyvinylchlorid je nejvýznamnějším představitelem vinylových polymerů. Mezi jeho přednosti patří snadná zpracovatelnost všemi základními postupy (např. válcováním, vytlačováním) a želatinace s různými změkčovadly.

Polyvinylchlorid se zpracovává dvěma způsoby:

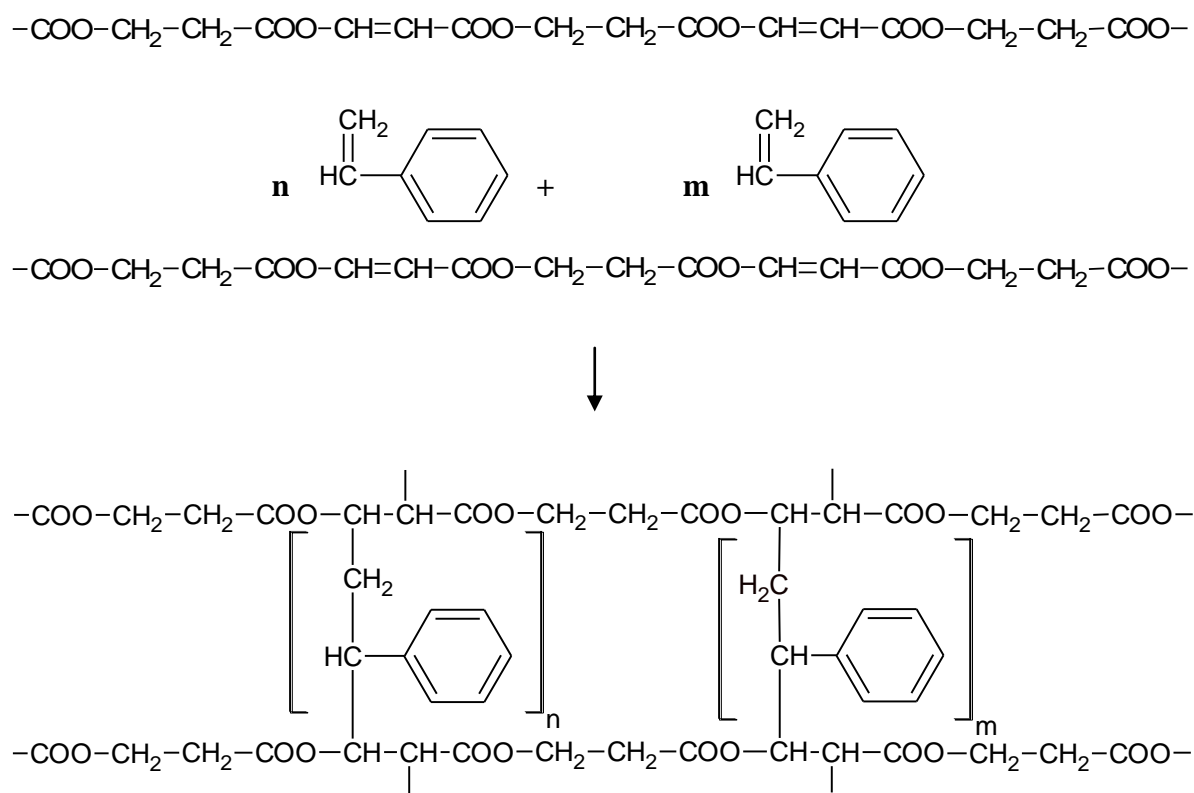
- bez změkčovadel, pouze se stabilizátory a modifikátory na tvrdé výrobky (trubky, desky apod.)
- se změkčovadly na výrobky polotuhé až elastické (fólie, nádoby, hračky atd.)

Neměkčený, tvrdý polyvinylchlorid je znám pod obchodním označením novodur a měkčený pod názvem novoplast.

Chemické vlastnosti polyvinylchloridu jsou odolnost proti neoxidujícím kyselinám, celkem dobrá odolnost proti zásadám. Odolnost klesá se vzrůstajícím stupněm změkčení polymeru a se zvyšující teplotou.

### 2.2.3 Polyesterové povlaky

Pod pojmem reaktoplastické polyesterové pryskyřice [4], [5] rozumíme produkty polyesterifikace nenasyčených dikarboxylových kyselin nebo jejich anhydridů s dioly (obrázek 1), tj. nenasyčené polyester, rozpuštěné v monomeru schopném kopolymerace, kterou dojde k vytvrzení pryskyřice. Polyesterová nátěrová hmota je bezrozpouštědlová, např. prášková nátěrová hmota PNH je taková, jejichž úbytek hmotnosti vytěkáním je menší než 5%.



Obrázek 1: Příklad reakce (ethylenglykofumarátovaný polyester se styrenem)

Kopolymerace nenasyčených polyesterů se styrenem je iniciována peroxidy, které mají schopnost tvorby volných radikálů.

Největší význam má z dikarboxylových kyselin kyselina fumarová, z anhydridů maleinanhydrid, z diolů propylenglykol. V praxi se polyester vyrábějí také ze směsí, v nichž jsou přítomny aromatické složky, nejčastěji ftalanhydrid. Po skončení polyesterifikace, která trvá několik hodin při 210 °C, se polyester ochladí na 90 °C a rozpustí se v reaktivním

monomeru, nejčastěji styrenu. Poté nastává vytvrzování, které se iniciuje organickými peroxidy (teplota nad 80 °C). Pro vytvrzování za běžné teploty se přidává k polyesterové pryskyřici kromě iniciátorů ještě urychlovač. Přídavkem nasycených kyselin se upravují mechanické vlastnosti filmu (např. tvrdost, vláčnost a vnitřní pnutí) a reaktivita laku.

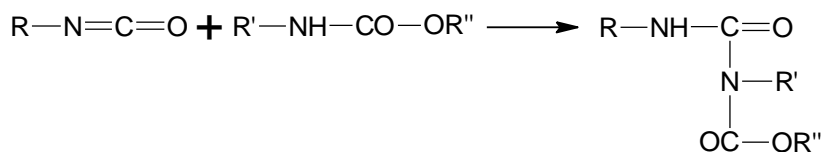
Práškové nátěrové hmoty jsou směsí syntetických pryskyřic, plniv, pigmentů a neobsahují žádná rozpouštědla. Nanášejí se elektrostatickým stříkáním a vypalují se při teplotách 150 – 200 °C. Vyrábějí se s lesklým, matným a strukturálním povrchem. Nanášejí se na předem očištěný a odmaštěný kovový podklad v jedné vrstvě.

#### 2.2.4 Polyuretanové povlaky

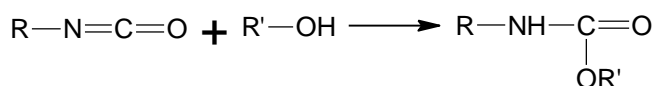
Polyuretany [4] jsou polymerní látky vzniklé polyadičními reakcemi vícefunkčních izokyanátů s látkami obsahujícími aktivní vodík.

Polyuretanové nátěry mohou být jednosložkové nebo dvousložkové. Jednosložkové se vytvrzují vzdušnou vlhkostí. Molekuly vody obsažené ve vzduchu reagují s volnými izokyanátovými skupinami a tím se nátěr vytvrzuje. Dvousložkové nátěrové hmoty, jak už název říká, obsahují dvě složky. Jednou z těchto složek jsou izokyanáty, které mají aktivní skupinu  $-N=C=O$ . Tato aktivní skupina reaguje s látkami s aktivním vodíkem obsaženým ve druhé složce. Smícháním obou složek dochází k vzájemné reakci, která vede ke tvorbě chemicky zesíťovaného nátěrového filmu.

Polyuretany vznikají podle schématu:



Nejčastějším reakčním činidlem je vodík hydroxylové skupiny. Vznikají pak sloučeniny, které mají uretanovou vazbu.



Za normálních podmínek je při aplikaci dvousložkových polyuretanových nátěrových hmot výsledným produktem filmotvorného procesu komplikovaný směsný polyadukt. Větší část izokyanátových skupin (asi 70 – 90 %) se spotřebuje na uretanové vazby, zbývající skupiny na ostatní reakce.

Dvousložkové nátěrové hmoty obsahují v jedné složce pryskyřice s obsahem hydroxylových skupin, případně pigment a ve druhé složce je obsažena maskovaná polyizokyanátová pryskyřice, která je označována jako tužidlo. Obě složky se před zpracováním mísí v hmotnostním poměru, který je uveden u každého druhu. Pigmentové nátěrové hmoty je nutno předem důkladně rozmíchat.

### *Polyizokyanátové pryskyřice – tvrdidla*

Pro dvousložkové polyuretanové nátěrové hmoty se používají izokyanáty, které obsahují v molekule dvě a více reakčních skupin. Moderní tvrdidla obsahují minimální množství těkavých monomerů v maskovaných polyizokyanátech a tím je zajištěna zdravotní neškodnost.

Polyizokyanáty se podle chemické stavby monomerů dělí do dvou skupin:

- Polyizokyanáty, jejichž  $-N=C=O$  skupina je vázána na aromatickém jádře – tyto polyizokyanáty tvoří nátěrový film, který žloutne a má horší odolnost na povětrnostní podmínky.
- Alifatické izokyanáty – tyto izokyanáty tvoří nátěrový film, který nežloutne, má vysoký lesk a odolnost proti slunečnímu záření.

Tyto dvě skupiny mají společné vlastnosti typické pro polyuretany a jsou to tvrdost, odolnost oděru, odolnost proti rozpouštědlům a agresivním látkám.

### *Složky obsahující hydroxylové skupiny*

Dvou složkové nátěrové hmoty obsahují kromě polyizokyanátové složky také složku s obsahem hydroxylových skupin. Většinou to bývá roztok alkydové, polyesterové nebo polyeterové pryskyřice.

Lineární polyestery a polyetery s malým počtem rozvětvení a nízkým obsahem hydroxylových skupin poskytují po zesíťování filmy s dobrou ohebností. Hustá prostorová síť s množstvím uretanových vazeb dává filmům vysokou tvrdost a odolnost.

### *Použití polyuretanových nátěrových hmot.*

Polyuretanové nátěrové hmoty se ve velkém používají v chemicky náročném prostředí, v nátěrových systémech lodí a letadel, dále také na nátěry sportovního nářadí apod.

## **2.2.5 Úprava povrchu pod nátěr**

Úprava povrchu pod nátěr [5] je velmi důležitá, rozhoduje totiž o jeho ochranné účinnosti. Povrch výrobku musí být před nátěrem zbaven korozních zplodin, prachu, solí, popílku, grafitu, zbytků starých nepřilnavých nátěrů atd. Po očištění vykazují nátěry delší životnost. Životnost nátěru je dána i způsobem čištění.

Porovnání ručního okartáčování povrchu a dalších způsobu čištění:

- očištění plamenem – zvyšuje životnost nátěru až 1,5x
- očištění odrezovači – zvyšuje životnost nátěru až 2x
- moření – zvyšuje životnost nátěru až 3,5x
- otryskání – zvyšuje životnost nátěru až 4x

Způsoby úpravy povrchu:

- ruční očištění – nejméně účinný způsob, používá se, pokud nelze aplikovat účinnější způsob
- otryskávání – používá se k čištění kusových výrobků
- u zrezavělých povrchů, se k čištění používají plynové opalovací hořáky
- odmašťování v alkalických roztocích – odmašťování se provádí ponorem za tepla ve vanách nebo postřikovacích zařízeních s konečným oplachem teplou vodou
- odmašťování v rozpouštědlech

- moření v kyselinách – používá se k odstranění rzi; moří se ponorem v lázni s kyselinou sírovou při zvýšené teplotě nebo kyselinou chlorovodíkovou s vhodným inhibátorem za normální teploty
- čištění pomocí odrezovačů
- fosfátování, konverzní povlaky – vrstvy zvyšují přilnavost nátěru

## 2.3 Rozpouštědla

Podle názvosloví nátěrových hmot jsou rozpouštědla [3] kapalné organické sloučeniny, schopné rozpouštět oleje, tuky, vosky, kaučuk a přírodní pryskyřice i syntetické vysokomolekulární hmoty, látky, které jsou zpravidla nerozpustné ve vodě. Rozpouštědla mění chemické vlastnosti rozpouštěné látky. Rozpouštědla se také používají k ředění nátěrových hmot.

Rozpouštědla se však nepoužívají jenom na výrobu a ředění nátěrových hmot, jejich použití je daleko širší. Rozpouštědla se používají do čisticích prostředků, odstraňovačů nátěrů a v poslední době jsou využívány ve směsích jako odstraňovače graffiti nebo jiných nečistot z povrchu materiálu. Každé rozpouštědlo se hodí na jiné použití, proto je žádoucí znát charakteristické vlastnosti rozpouštědel.

### 2.3.1 Dělení rozpouštědel

Dělení rozpouštědel [7] podle chemického složení:

- alifatické uhlovodíky – např. benzin extrakční, benzin lakový
- aromatické uhlovodíky – např. toluen, xylen, D-limonene
- hydrogenované uhlovodíky – např. cyklohexan, tetralin
- terpenové uhlovodíky – např. terpentynová silice
- chlorované uhlovodíky – např. dichlormethan, dichlorethan
- nitroparafíny – např. nitroethan, nitropropan
- alkoholy – např. ethylalkohol, butylalkohol
- ketony – např. aceton, cyklohexanon
- estery – např. ethylacetat, butylacetat
- glykoletery – např. ethylglykol, butylglykol, etylenglykol
- acetalý – např. methylal, 1,3-dioxolan
- polykarbonáty – např. etylen karbonat)
- ostatní – např. N-metyl-2-pyrrolidon,  $\gamma$ -butyrolakton

Dělení rozpouštědel podle odpařivosti (číslo odpařivosti etheru = 1):

- rozpouštědla snadno těkavá – číslo odpařivosti pod 8
- rozpouštědla středně těkavá – číslo odpařivosti 8 – 15
- rozpouštědla pomalu těkavá – číslo odpařivosti 15 – 50
- rozpouštědla těžce těkavá – číslo odpařivosti nad 50

Dělení rozpouštědel podle bodu varu:

- lehká rozpouštědla – s bodem varu do 100 °C
- střední rozpouštědla – s bodem varu 100 – 150 °C
- těžká rozpouštědla – s bodem varu nad 150 °C

Dělení rozpouštědel podle bodu vzplanutí:

- I. třída – hořlaviny s bodem vzplanutí do 21 °C
- II. třída – hořlaviny s bodem vzplanutí od 21 °C do 55 °C
- III. třída – hořlaviny s bodem vzplanutí od 55 °C do 100 °C
- IV. třída – hořlaviny s bodem vzplanutí od 100 °C do 250 °C

Dělení rozpouštědel podle polarit:

- polární – např. etylalkohol, voda, ethanol
- napolární – např. benzen, hexan, dichlormethan

Dělení rozpouštědel podle vlastní rozpouštěcí schopnosti:

- pravá rozpouštědla – jsou schopna sama rozpustit filmotvornou látku
- nepravá rozpouštědla – jsou schopna rozpouštět filmotvornou látku jen za přítomnosti pravého rozpouštědla. Kombinací pravého a nepravého rozpouštědla dochází k úpravě viskozity na předepsanou hodnotu. Správná kombinace pravého a nepravého rozpouštědla optimalizuje průběh reakce.
- ředidla – ředidla se používají při dodatečném ředění nátěrových hmot před jejich použitím

### 2.3.2 Vzájemná mísitelnost rozpouštědel

Je známo, že ne každá látka se rozpouští v každém rozpouštědle [7]. Hlavními podmínkami rozpustnosti jsou podobné mezimolekulové síly míšených látek dané zejména polaritou molekul a mezimolekulárními silovými interakcemi. Elektrostatické způsobují soudržnost molekul rozpuštěné látky i rozpouštědla. Je-li soudržnost rozpouštědla větší než rozpouštěné látky, tyto molekuly mají tendenci držet pohromadě a pronikat do rozpuštěné látky. Tuto vlastnost popisuje parametr rozpustnosti a dielektrická konstanta. Parametr rozpustnosti udává míru soudržnosti molekul a vzrůstá s jejich velikostí, polaritou a schopností tvořit vodíkové můstky. Dielektrická konstanta udává polaritu sloučeniny a stanovuje se podle chování molekuly v elektrostatickém poli. Zpravidla jsou rozpouštědla dobře mísitelná, když difference jejich parametru rozpustnosti  $\Delta\delta$  je malá.

### 2.3.3 Vybrané typy rozpouštědel

#### 2.3.3.1 Chlorovaná rozpouštědla

Výroba chlorovaných uhlovodíků v průběhu 20. století dosahovala milionů tun nejrozličnějších sloučenin a dodnes představuje řada těchto produktů velkou ekologickou zátěž pro naši planetu. Řada sloučenin byla v době svého objevu pokládána za prakticky neškodné a teprve po mnohaletém masovém používání se ukázalo, že jejich dlouhodobé působení v přírodě může mít katastrofální následky.

#### 2.3.3.2 N-methyl-2-pyrrolidon

N-metyl-2-pyrrolidon (NMP) patří do skupiny laktamů, je to jedno z nejvýznamnějších rozpouštědel, které se přidává do přípravků na čištění graffiti. NMP je čirá kapalina rozpustná ve vodě a v některých organických rozpouštědlech. Má výborné rozpouštěcí schopnosti, proto se používá jako rozpouštědlo v mnoha oblastech, zejména v oblasti polymerů. Jeho nevýhodou je však, že je klasifikován jako toxický a dráždivý pro oči, dýchací ústrojí a kůži.



### 2.3.3.3 Ketony

Ketony [7] patří mezi významná rozpouštědla makromolekulárních látek. Přidávají se do směsí rozpouštědel kvůli snížení viskozity. Ketony tvoří poměrně silné vodíkové můstky, díky nimž mají dobré rozpouštěcí schopnosti. Tyto vodíkové můstky se tvoří intramolekulárně a z tohoto důvodu dochází k asociacím molekul. Díky tomuto je bod varu ketonů poměrně vysoký a jejich tenze par nízká, tím se zvyšuje bod vzplanutí. Ketony dobře rozpouští vinylové pryskyřice a deriváty celulózy. Dobře se mísí s většinou organických rozpouštědel, hlavně s aromatickými uhlovodíky a s alkoholy. Ketony se používají při výrobě farmaceutických látek, barviv, zvláčňovadel, insekticidů a flotačních prostředků.

Výhodou ketonů je jejich netoxicitata. Ketony dráždí oční a nosní sliznici, způsobují bolesti hlavy a srdeční potíže.

Mezi málo těkavé ketony patří cyklohexanon, který byl použit v této bakalářské práci.

### 2.3.3.4 Laktamy

Laktamy [8] jsou cyklické amidy, které ve své molekule obsahují  $-\text{CONH}-$  skupinu. V laktamovém kruhu udává počet uhlíků předpona laktamu  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ . Laktamy se hojně využívají jako rozpouštědla. V bakalářské práci byl použit  $\gamma$ -butyrolakton.

### 2.3.3.5 Acetaly

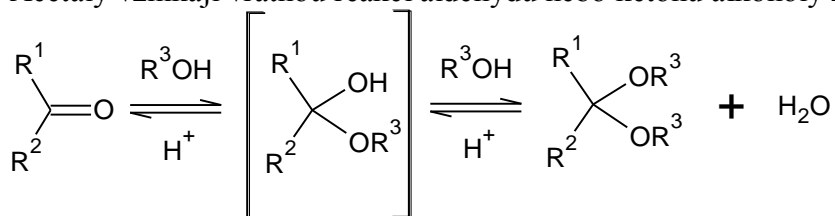
Acetaly [9] jsou lineární nebo cyklické sloučeniny, které se vyznačují nízkou toxicitou, mají vysokou rozpouštěcí schopnost a vysokou stabilitu v rozmezí pH 4 až 14. Acetaly jsou nemísitelné, částečně mísitelné nebo úplně mísitelné s vodou. Tato mísitelnost závisí na typu acetalu.

Acetaly mají velké uplatnění v průmyslu. Jejich vlastností se nejvíce využívá v kosmetice, farmacii, také se dále používají v přípravcích určených k čištění graffiti a odstraňování různých nátěrových hmot, k výrobě lepidel a v textilním odvětví.

Molekuly acetalů obsahují dva kyslíky, které jsou vázány na stejný uhlíkový základ jednoduchou vazbou.

Acetaly obsahují podskupinu ketalů. Rozlišení ketalů od acetalu je takové, že ketaly mají na centrálním uhlíku navázány dvě  $-\text{R}$  skupiny, zatím co acetaly mají na centrálním uhlíku pouze jednu  $-\text{R}$  skupinu a jeden  $-\text{H}$ .

Acetaly vznikají vratnou reakcí aldehydů nebo ketonů alkoholy za kyselé katalýzy:



Obrázek 2: Reakce vzniku acetalu

Reakce probíhá tak, že nejdříve alkohol atakuje keton za vzniku hemiacetalu. Hemiacetal je nestabilní, proto dochází k navázání protonu z alkoholu k hydroxylové skupině hemiacetalu. Odštěpuje se voda a vzniká karbocation, na něhož se naváže molekula alkoholu. Ztrátou protonu z alkoholu vzniká acetal. Acetal je stabilní a proto reakce končí. Voda, která vzniká

při reakci, musí být odstraněna z reakční směsi. Pokud by voda odstraněna nebyla, došlo by k hydrolyze produktu.

Mezi acetaly patří methylal, ethylal, butylal a rozpouštědlo 2,5,7,10-tetraoxaundekan, které bylo použito jako jedno z rozpouštědel v bakalářské práci.

#### **2.3.4 Vliv rozpouštědel na polymerní materiály**

Faktory, které způsobují poškození polymerů, tedy ztrátu jejich vlastností, jsou teplota, světelné záření, kyslík, voda a chemické látky – rozpouštědla atd.

Reakce, které v polymerech probíhají, se řídí zákonitostmi reakcí nízkomolekulárních látek, ale u makromolekulárních látek nejsou všechny funkční skupiny a vazby citlivé na danou reakci přístupné a všechny se tedy reakce nezúčastní. Řídícím dějem kinetiky těchto reakcí často bývá difúze chemického činidla do polymeru. Chemikálie mohou působit na polymery fyzikálně nebo chemicky. Fyzikálně aktivní prostředí nevyvolává chemické reakce, ať již s polymerem, tak s jeho přísadami. Toto prostředí může způsobovat nabobtnávání polymeru a jeho přísad, případně jejich vymývání. Chemicky aktivní prostředí vyvolává chemické reakce, které vedou k odbourávání polymerů v důsledku přetržení řetězce, síťování, změn v chemické struktuře, i postranních skupin polymeru a kombinací těchto reakcí. Již malé poškození polymeru způsobuje velké změny jeho vlastností, které se projeví např. tvrdnutím nebo naopak změknutím až lepivostí.

#### **2.3.5 Aditiva**

Aditiva jsou chemické látky, které se přidávají do potravin, čisticích prostředků atd. k vylepšení jejich vlastností. K aditivům řadíme zahušťovadla, emulgátory, stabilizátory, pěnnotvorné látky a další.

V bakalářské práci byla použita aditiva Tenede nova, Texabras 2204/25, Diadavin DSP, Tanaterge SD, Pitchrun L-300 U, Texazym LOOK, Texazym PUR z produkce společnosti INOTEX.

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Inteakcím mezi rozpouštědly s polymerním materiálem je věnována pozornost v řadě publikací, např. Doležel B. – Odolnost plastů a pryží (část – odolnost polymerů proti působení chemikálií). Tato bakalářská práce navazuje v dílčích oblastech na práce provedené na chemické fakultě v předchozích letech: Linhartová – Diplomová práce.

V této experimentální části byla v souladu se zadáním, věnována pozornost odolnosti vybraných typů polymerních materiálů – polyvinylchloridu, polyesteru a polyuretanu při působení směsí rozpouštědel představující možnou náhradu dosud používaných směsí na bázi N-methylpyrrolidonu.

#### 3.1 Aditiva

U použitých aditiv byla hodnocena rozpustnost s danými rozpouštědly, jako nejlepší byl vyhodnocen Diadavin DSP a Texazym LOOK. Obě tyto aditiva byla rozpustná v rozpouštědlech. Diadavin DSP má výborné smáčecí a dispergační schopnosti. Texazym LOOK je určen pro odbarvování indigových barviv.

V bakalářské práci byly zkoušeny roztoky rozpouštědel s těmito aditivami, nebyla však pozorována výrazná změna mezi směsmi rozpouštědel s aditivami a bez aditiv. Čistící účinky směsí bez aditiv byly stejné jako u směsí s aditivami a proto byla aditiva z dalších zkoušek vyjmuta a dále se nepoužívala.

#### 3.2 Použitý podkladový materiál

##### 3.2.1 PVC

V bakalářské práci bylo použito PVC [13] s označením Renolit covaren a Renolit alkoren. Renolit je buď jednovrstvé nebo mnohovrstvé PVC, které je tepelně tvarovatelné. Toto PVC je barevně upravováno, je dobře odolné proti světlu a proti korozi. PVC typu Renolit je dodáváno jako povrchová úprava pro laminaci MDF desek a toto se používá k výrobě kuchyňských dvířek. Film Renolit měří 0,35 mm bez PE úpravy. PE úprava se používá jako ochrana PVC při dopravě a manipulaci. Tato PE úprava se po aplikaci PVC odstraňuje.

V práci bylo pracováno s bílým PVC a PVC imitujícím třešeň.

**Tabulka 1** *Vlastnosti PVC*

Tloušťka	0,30 – 0,50 mm (tolerance +/- 7,5 %)
Rozměrová stabilita (10 min 100 °C, cirkulace vzduchu)	Podélné maximum -5 % Příčné maximum + 2%
Barevná stabilita (10 min 120 °C, cirkulace vzduchu)	Žádné viditelné změny lesku, barvy

PVC o rozměrech 100 x 150 mm bylo odmaštěno přípravkem na bázi tenzidu a pak izopropylalkoholem. Na odmaštěné PVC byla pomocí mikropipety nanášena jednotlivá rozpouštědla nebo směsi rozpouštědel a v časových intervalech 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10 – 20 min byla hodnocena odolnost materiálu.

Na PVC bylo naneseno předem vybrané znečištění, které bylo ponecháno schnout 120 hodin při laboratorní teplotě. Po uplynuté době byly na znečištění aplikovány postupně vybraná rozpouštědla a byl hodnocen stupeň odstranitelnosti příslušného depozitu.

### 3.2.2 MDF deska

MDF zkratka je označení středně tvrdé dřevovláknité desky [13]. Tato zkratka pochází z anglického názvu medium density fibreboard. Deska vzniká lisováním dřevěných vláken. Tyto desky se používají pro své vlastnosti v nábytkářském průmyslu. Hlavním důvodem je jejich hladký povrch, pevné hrany, kompaktnost a jsou dobře opracovatelné.

MDF deska o rozměrech 100 x 150 mm byla odmaštěna přípravkem na bázi tenzidů a pak izopropylalkoholem. Na odmaštěnou desku byl zhotoven polyuretanový povlak nanášecím pravítkem.

#### *Zhotovení nátěrů nanášecím pravítkem*

Ke zhotovení nátěrů [10] se používá nanášecí pravítko. Tyto pravítka mají různou konstrukci. Nejběžněji používanými pravítky jsou čtyřhranná nebo šestihranná pravítka s různou výškou štěrbin. Výška štěrbin je označena na boku pravítka. V práci bylo ke zhotovení polyuretanového nátěru použito šestihranné pravítko.

Nanášecí pravítko s požadovanou šterbinou bylo položeno na dřevěnou desku a před něj bylo nalito 3 až 5 ml barvy. Pravítkem bylo po desce táhnuto rychlostí 2 až 5 cm.s<sup>-1</sup>, barva nesmí podtéct pod boky pravítka. Deska zůstala ve vodorovné poloze, dokud barva nezaschla.

Polyuretanový povlak byl ponechán k usušení. Minimální doba sušení byla 8 hodin při 20°C. Na zaschnutý polyuretanový povlak byla pomocí mikropipety nanášena jednotlivá rozpouštědla a ve stejných časových intervalech, jako u PVC, byla hodnocena odolnost materiálu.

Na polyuretanový povlak bylo naneseno vybrané znečištění a po jejich zaschnutí byly na toto znečištění aplikovány rozpouštědla. Byl hodnocen stupeň odstranitelnosti příslušného depozitu.

### 3.2.3 Ocelový plech

Ocelový plech [14] o rozměrech 100 x 150 mm byl před použitím očištěn chemickou konverzí a odmaštěn s následným oplachem. K odmaštění a fosfatizaci byl použit fosfatizační přípravek Duridine 3851. Vzniklý fosfát železitý zlepšuje přilnavost práškové nátěrové hmoty. Následný oplach byl proveden ve vodním tunelu o délce 10,35 m a s příkonem hořáku 275 Kw. Teplota vody v tunelu je 0 – 45°C. Plechy byly sušeny v sušicím tunelu, který je vytápěn odpadním teplem z vypalovací pece. Teplota sušení je max. 155°C. Na odmaštěný a usušený plech byl aplikován polyesterový prášek. Tato prášková nátěrová hmota se používá k povlakování dílců v architektuře, zemědělských strojů, příslušenství motorových vozidel atd.

Po týdenním zrání byla zkoušena odolnost nátěru. Odolnost byla zkoušena v různých časových intervalech, kdy na povrch byla pomocí mikropipety nanesena vybraná

rozpouštědla. Byla zhodnocena odolnost. Na nevyhovujících nátěrech se nezkoušela odstranitelnost znečištění.

### 3.3 Nátěrové systémy

#### 3.3.1 Polyesterové povlaky

Použitý polyesterový prášek [14] patří mezi práškové nátěrové hmoty. Polyesterový prášek se získává zpracováním nasycených karboxyl-polyesterových pryskyřic (tyto pryskyřice jsou odolné vůči venkovnímu prostředí), tvrdidla a pigmentů (pigmenty jsou odolné vůči světlu a teple). Polyesterový prášek byl aplikován na upravený ocelový plech. Polyesterová prášková hmota se nanáší pomocí lakového zařízení. Toto zařízení se skládá z vysokonapěťového generátoru, lakovací pistole a propojovacích hadic. Velikost napětí je 60 – 80 kV a tlak prášku v lakovací pistoli je 0,2 MPa. Prášková nátěrová hmota se vypaluje v pecích do max. teploty 210°C. Nejčastěji se používá teplota okolo 185 °C.

**Tabulka 2:** *Nátěrová hmota*

Nátěrová hmota	REALCOAT(TM)
Odstín	9005 - černá
Vytvrzovací cyklus	20 min, 180°C
Velikost částic	30 – 40 µm
Tloušťka	60 µm

#### 3.3.2 Polyuretanové povlaky

Polyuretanový nátěrový systém [11] byl aplikován na předem připravenou MDF desku. Chemický základ je dvousložkový polyuretanový lak, který na světle nežloutne, má vysoký lesk a je rychleschnoucí.

Pro nátěr byla použita bílá barva Berothane 2K série 700 od firmy De Beer. Nanášení se provádělo nanášecím pravítkem o tloušťce štěrby 24.

**Tabulka 3:** *Nátěrová hmota*

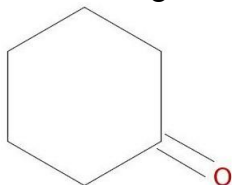
Nátěrová hmota	Berothane 2K série 700
Odstín	bílá
Hustota	min 0,97 g.cm <sup>-3</sup>
Bod vzplanutí	> 21°C
Míchací poměr (barva : tužidlo)	2 : 1
Zpracovatelská viskozita (4 mm/20°C)	30 – 40 s
Zasychání (20 °C)	8 hodin

### 3.4 Použitá rozpouštědla

Při výběru rozpouštědel bylo hlavním cílem vybrat netoxická rozpouštědla s vysokým bodem vzplanutí. Byla vybrána rozpouštědla cyklohexanon, γ-butyrolakton a TOU.

### 3.4.1 Cyklohexanon

Cyklohexanon [3] je olejová, organická sloučenina. Má charakteristický zápach po kafru. Na vzduchu oxiduje a jeho barva se mění z bezbarvé na žlutou. Vyznačuje se nízkou odpařivostí. Velmi dobře rozpouští deriváty celulosy a skoro všechny pryskyřice. Rozpouští ethyl-, acetyl-, nitro- a benzyl- celulosu, oleje, tuky a vosky. Dále rozpouští všechny přírodní a syntetické pryskyřice. Cyklohexanon je částečně mísitelný s vodou, ale je dobře mísitelný s dalšími organickými rozpouštědly. Přidává se do nátěrových hmot a laků.



Obrázek 3: Struktura cyklohexanonu

Tabulka 4: Základní vlastnosti cyklohexanonu

CAS	108-94-1
Sumární vzorec	$C_6H_{10}O$
Hustota (20 °C)	$0.9478 \text{ g.cm}^{-3}$
Bod vzplanutí (otevřený kelímek)	44 °C
Bod tání	-31 °C
Bod varu	153 – 156 °C
Tenze par (20 °C)	4,4 hPa
Odpařivost (Ether = 1)	40,4

### 3.4.2 TOU

2,5,7,10-tetraoxaundekan (TOU) [15] je acetalové nehořlavé rozpouštědlo. Má vysokou rozpouštěcí schopnost. Rozpouštědlo TOU je mísitelné s vodou i s většinou organických rozpouštědel, není toxické, nemá žádný vliv na ozonovou vrstvu a je ekologicky nezávadné. Má mnoho možností použití, např. jako přísada do čisticích prostředků, používá se v oblasti povrchových úprav a jiných oblastech průmyslu.



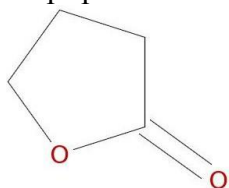
Obrázek 4: Struktura TOU

Tabulka 5: Základní vlastnosti TOU

CAS	4431-83-8
Sumární vzorec	$C_7H_{16}O_4$
Hustota (20 °C)	$0.9921 \text{ g.cm}^{-3}$
Bod vzplanutí (otevřený kelímek)	92 °C
Bod tuhnutí	< -65 °C
Bod varu	200 °C
Tenze par (20 °C)	0.0225 bar
Odpařivost (Butyl acetate = 1)	17.38

### 3.4.3 $\gamma$ -butyrolakton

$\gamma$ -butyrolaceton [8] je hydroskopická, bezbarvá, olejová kapalina. Má charakteristickou vůni a je rozpustná ve vodě. Používá se v chemickém průmyslu do čističů skvrn, do lepidel, do přípravků na odstraňování grafitů.



Obrázek 5: Struktura  $\gamma$ -butyrolaktonu

**Tabulka 6:** Základní vlastnosti  $\gamma$ -butyrolaktonu

CAS	96-48-0
Sumární vzorec	$C_4H_6O_2$
Hustota (20 °C)	$1.1286 \text{ g.cm}^{-3}$
Bod vzplanutí (otevřený kelímek)	100 °C
Bod tání	43.5 °C
Bod varu	204 – 206 °C
Tenze par (20 °C)	0.344 hPa

### 3.4.4 Izopropylalkohol

Izopropylalkohol [3] je bezbarvá, čirá, hořlavá kapalina se silným zápachem. Používá se jako rozpouštědlo a čisticí kapalina, rychle se odpařuje. V bakalářské práci byl izopropylalkohol použit na odmaštění podkladového materiálu.

**Tabulka 7:** Základní vlastnosti izopropylalkoholu

CAS	67-63-0
Sumární vzorec	$C_3H_8O$
Hustota (20 °C)	0,784–0,789 g/cm <sup>3</sup>
Bod varu	82 – 83 °C
Dynamická viskozita	2,5 mPa.s
Bod vzplanutí	-13 °C
Tenze par (20 °C)	0.42 hPa

### 3.5 Směsi rozpouštědel

Jak bylo uvedeno v části 3.3, byla vybrána rozpouštědla cyklohexanon,  $\gamma$ -butyrolakton a TOU. Z těchto rozpouštědel bylo namícháno 17 směsí v různých koncentračních poměrech.

**Tabulka 8:** *Směsi rozpouštědel*

Směs	Cyklohexanon [%hm.]	$\gamma$ -butyrolakton [%hm.]	TOU [%hm.]
1	0	20	80
2	0	40	60
3	0	60	40
4	0	80	20
5	20	20	60
6	20	40	40
7	20	60	20
8	20	80	0
9	40	0	60
10	40	20	40
11	40	40	20
12	40	60	0
13	60	0	40
14	60	20	20
15	60	40	0
16	80	0	20
17	80	20	0

Všechny kombinace rozpouštědel v tabulce 8 byly kompatibilní, vzájemná mísitelnost byla velmi dobrá, bez separace části některé složky.

### 3.6 Modelové znečištění

#### 3.6.1 Barevný sprej

Barevný sprej ColorWorks je rychleschnoucí dekorativní akrylový lak pro dřevěné, kovové, hliníkové, skleněné a kamenné povrchy a pro různé druhy plastů.

Barevný sprej byl aplikován pomocí aerosolového rozprašovače na vodorovně položený podkladový materiál ze vzdálenosti cca 30 cm. Lak se poté nechal při laboratorní teplotě schnout 120 hodin.

#### 3.6.2 Permanent Mark-4-all černý, červený

Permanent Mark-4-all je lihový popisovač, který obsahuje rozpouštědla a barviva. Šíře stopy se pohybuje v rozmezí 1,5 – 2,5 mm. Tento popisovač je určen k psaní a vybarvování na všech materiálech. Je rychleschnoucí, nesmazatelný, světlostálý a odolný vůči vodě.

V bakalářské práci byl použit permanentní popisovač černý a červený. Na PVC, PUR a PES povlaky byly fixem nakresleny pomocí šablony kolečka, které se nechaly 120 hodin schnout. Takto vytvořené znečištění bylo odstraňováno směsmi rozpouštědel.



### 3.6.3 Centropen Marker 9220

Centropen marker 9220 je lakový popisovač. Je vhodný pro psaní na sklo, kov, plast, CD a DVD. Stopa písma je světlostálá, nesmazatelná, odolná vůči vodě i při bodu varu a teplotě do 100 °C. Šíře stopy je 1,5 mm.

V bakalářské práci byl použit lakový popisovač stříbrný. Znečišťování povlaků tímto fixem bylo stejné jako u permanentního fixu Mark-4-all. Znečištění bylo odstraňováno směsmi rozpouštědel.

## 3.7 Zkušební metody

### 3.7.1 Hodnocení nátěrových hmot – zasychání nátěru

Hodnocení zasychání nátěru [16] se provádí několika způsoby. V bakalářské práci byla použita metoda hodnocení zasychání prstem. Průběh zasychání je rozdělen do 5 stupňů. Pro čerstvě připravený nátěr není určen žádný stupeň – nátěr je živý.

**Tabulka 9:** *Hodnocení zasychání prstem*

Stupeň	Klasifikace	Popis
5	Nátěr je povrchově zatažen	Po nátěru se lehce přejíždí polštářky suchých prstů, bez přitlačení, pouze klouzavým posunem po povrchu nátěru. Nátěr je povrchově zatažen v okamžiku, kdy prst lehce klouže po souvislé blance na jeho povrchu. Prst nesmí zadržávat ani porušovat povrch. Bývá slyšet slabé vrzání. Rychlost přejíždění prstem je asi 3 až 5 cm.s <sup>-1</sup> .
4	Nátěr silně lepí	Na nátěr přiložíme tlakem asi 300 g na dobu 3 – 5 s jeden nebo dva polštářky suchých čistých prstů. Při oddalování prstů od nátěru hodnotíme lepivost. Nátěr silně lepí, když se při zvedání prstů zvedá i podkladová deska s nátěrem.
3	Nátěr lepí slabě	Při zvedání prstů je patrna pouze lepivost. Podkladová deska se při oddalování prstů nezvedá.
2	Nátěr téměř nelepí (dolepuje)	Při zvedání prstů cítíme pouze slabé dolepování. Při velmi slabém přitisknutí prstů se zdá, že je nátěr nelepivý.
1	Nátěr nelepí	Při dotyku prstu nebo dlaně nátěr nelepí.

### 3.7.2 Hodnocení zhotovených povlaků

#### 3.7.2.1 Tloušťka nátěru

Tloušťka nátěru [16] má velký vliv na jeho vlastnosti, a proto je její určení základem zkoušek. Tloušťka čerstvě nanesené vrstvy se označuje jako mokrá. Při zasychání se tato tloušťka u nátěrových hmot obsahujících těkavé složky zmenšuje. Pro technologické vlastnosti nátěrů je rozhodující tloušťka po zaschnutí. Toto měření se provádí v souladu s normou ČSN ISO 2808 podle pokynů výrobce.

### *Postup měření*

Tloušťkoměr se přiloží kolmo na plochu s nátěrem a počká se, než se na digitálním displeji objeví hodnota. Tato hodnota se odečte a запиše. Měření na jednom vzorku se opakuje nejméně šestkrát a poté se z naměřených hodnot vypočítá průměr.

V bakalářské práci byl použit digitální tloušťkoměr typu Elcometer 456.

### **3.7.2.2 Přílnavost nátěru**

Přílnavost nátěru byla stanovena mřížkovou zkouškou (ČSN EN ISO 2409) [17]. Zkouška se provádí při teplotě  $(23 \pm 2)$  °C a relativní vlhkosti  $(50 \pm 5)$  %. Počet řezů mřížky v každém směru je šest. Vzdálenost řezů musí být stejná a závisí na tloušťce nátěru uvedené v tabulce 10. Řezy musí být provedeny nejméně na třech místech nátěru.

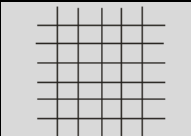
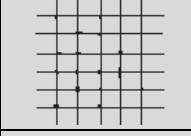
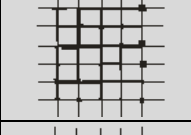
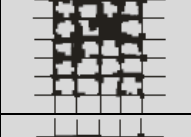
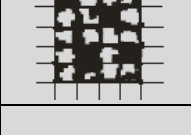
**Tabulka 10:** *Určení vzdálenosti řezů mřížky*

<b>Tloušťka nátěru (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Rozestup řezů (mm)</b>	<b>Druh podkladu</b>
0 – 60	1	tvrdý
0 – 60	2	měkký
61 – 120	2	tvrdý i měkký
121 – 250	3	tvrdý i měkký

Při zkoušce [18] se vzorek umístí na vodorovný neohebný povrch, aby se zabránilo deformaci vzorku. Nůž se položí kolmo na nátěr a jedním plynulým pohybem se udělá série rovnoběžných řezů dlouhých cca 20 mm. Kolmo na tuto sérii se provede další série – vytvoření mřížky. Na mřížku se umístí lepicí páska (rovnoběžně s jednou sérií řezů) a uhladí se prstem. Lepicí páska by měla překrývat mřížku alespoň o 20 mm. Páska se poté uchopí za volný konec a stáhne se po úhlem 60°. Provede se hodnocení odolnosti nátěru podle tabulky 11.

V bakalářské práci byl použit řezný nástroj se šesti břity typu Elcometer 107.

**Tabulka 11:** *Klasifikace přilnavosti nátěru*

	Klasifikace	Popis
	0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen.
	1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Poškozena plocha nesmí přesahovat 5 %.
	2	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky smí být poškozen o více než 5 % a méně než 15 % celkové plochy.
	3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15 %, ale menší než 35 %.
	4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35 %, ale méně než z 65 %.
	5	Změny, které jsou větší než u stupně 4.


### 3.7.3 Odolnost polymerních povlaků a odstranitelnost modelových nečistot

Odolnost polymerů a odstranitelnost nátěru se testovala kapkovou zkouškou. Na zkoušený povlak byl přiložen čtvereček savého materiálu (prachová utěrka) o rozměrech 15 x 15 mm, na čtvereček bylo odměřeno pomocí mikropipety rozpouštědlo (1ml). Rozpouštědlo se nechalo působit na povrch zvolený čas, tj. 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10 – 20 min. Poté byl čtvereček z povrchu odstraněn a zbytek rozpouštědla z povrchu očištěn oplachovacím roztokem, který obsahoval vodu s přísadou směsi anionaktivních a amfoterních tenzidů a speciální směs vosku a polymeru. Následně byla vyhodnocena odolnost povlaku podle tabulky (12) a odstranitelnost nečistoty podle tabulky (13).

**Tabulka 12:** *Stupeň narušení povlaku*

1	Povlak neporušen
2	Povlak slabě lepí – vratná změna
3	Povlak silně lepí – nevratná změna
4	Povlak narušený – ztráta lesku
5	Povlak narušený – ztráta barvy
6	Částečné odstranění povlaku
7	Úplné odstranění povlaku

**Tabulka 13:** *Stupeň odstranění nečistoty*

<b>1</b>	
<b>2</b>	
<b>3</b>	
<b>4</b>	
<b>5</b>	

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

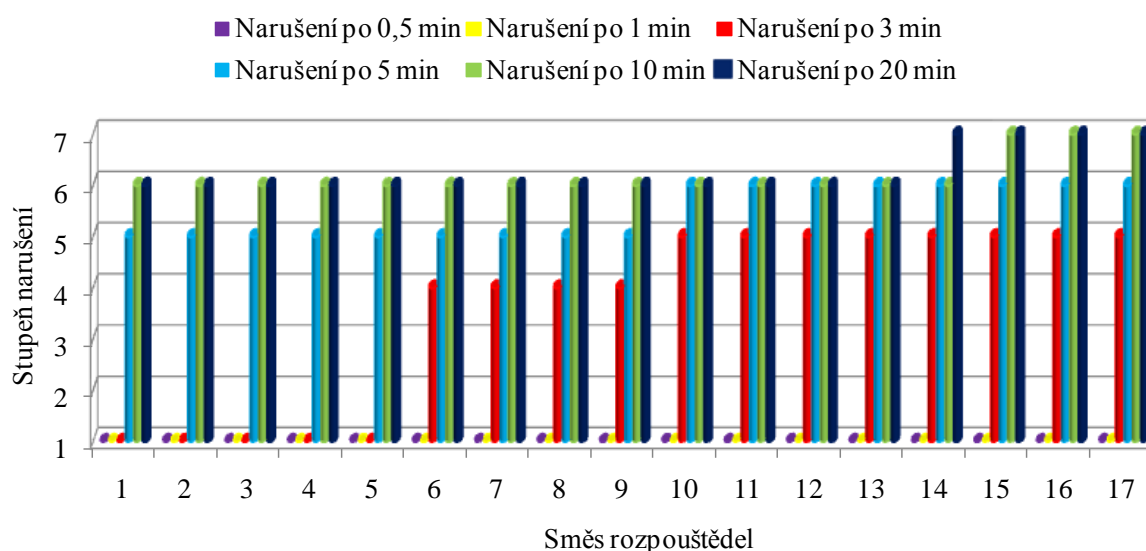
### 4.1 Výsledky odolnosti PVC

Při odstraňování nečistot působí vybrané směsi rozpouštědel nejenom na tyto nečistoty, ale také na podkladový materiál. Proto byla zjišťována nejdříve odolnost materiálu.

Odolnost PVC se zkoušela 17 směsmi rozpouštědel. Každá ze směsí na podkladový materiál působila po dobu 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10 – 20 min.

#### 4.1.1 Výsledky odolnosti PVC (imitace třešeň)

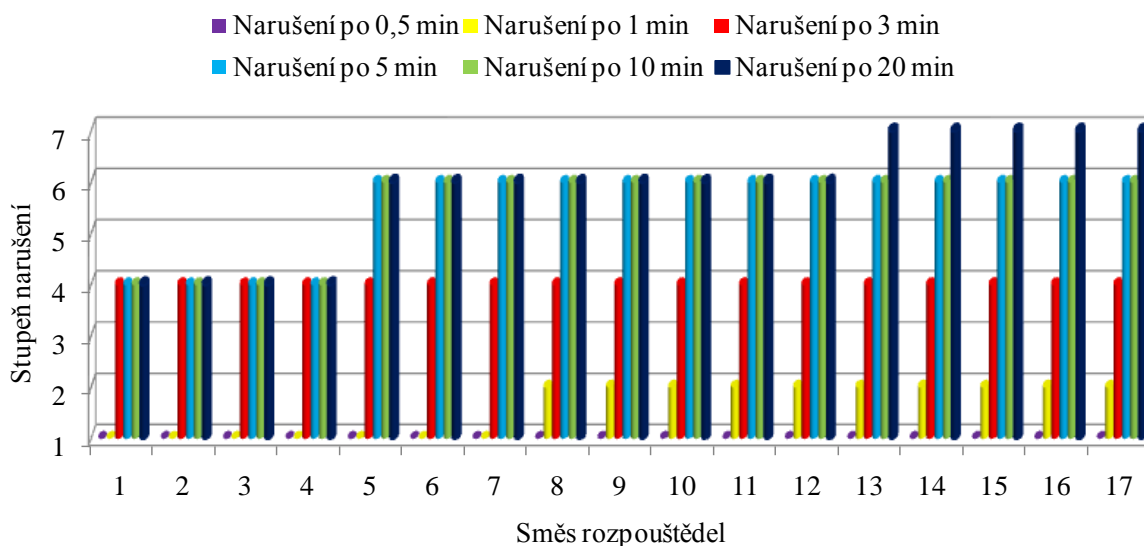
Z obrázku 6 je zřejmé, že PVC odolává po dobu 0,5 a 1 min všem směsím. Ve 3 minutách dochází k narušení do stupně číslo 4 u směsí od čísla 6. Při působení delším jak 3 minuty dochází k narušení povrchu všemi směsmi. Z grafu je dále patrné, že narušení postupně vzrůstá, se zvyšujícím se obsah cyklohexanonu ve směsi. Z tohoto lze usoudit, že největší vliv na odolnost PVC má cyklohexanon, nepatrný vliv má také  $\gamma$ -butyrolakton a doba působení.



Obrázek 6: Odolnost PVC (imitace třešeň) vůči rozpouštědlům

#### 4.1.2 Výsledky odolnosti PVC (bílá lesk)

Pokud srovnáme předchozí obrázek 6 s obrázkem 7, který následuje, vidíme, že odolnost bílého lesklého PVC je nižší než u PVC imitace třešeň. U bílého PVC dochází k narušení povrchu všemi směsmi už po 3 minutách a u směsí s větším obsahem cyklohexanonu a  $\gamma$ -butyrolaktonu po 1 minutě. Směsi, které obsahují 20 až 40% cyklohexanonu, narušily po 5 minutách bílé PVC až do stupně 6 a směsi, které obsahují 60 až 80% cyklohexanonu, narušily po 20 minutách povrch PVC až do stupně 7. Stejně jako u předchozího PVC má na bílé PVC největší vliv doba působení a obsah cyklohexanonu ve směsi.



Obrázek 7: Odolnost PVC (bílá lesk) vůči rozpouštědlům

## 4.2 Výsledky stanovených vlastností polyesterového nátěru

U polyesterového nátěru byla stanovena přilnavost a tloušťka nátěru. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 14. Tloušťka nátěrového systému byla stanovena na 112  $\mu\text{m}$ . Přilnavost byla hodnocena stupněm číslo 1, to znamená, že přilnavost nátěru je výborná.

Tabulka 14 Základní vlastnosti polyesterového nátěru

Charakteristika	Stupeň
Tloušťka	112 $\mu\text{m}$
Přilnavost	1

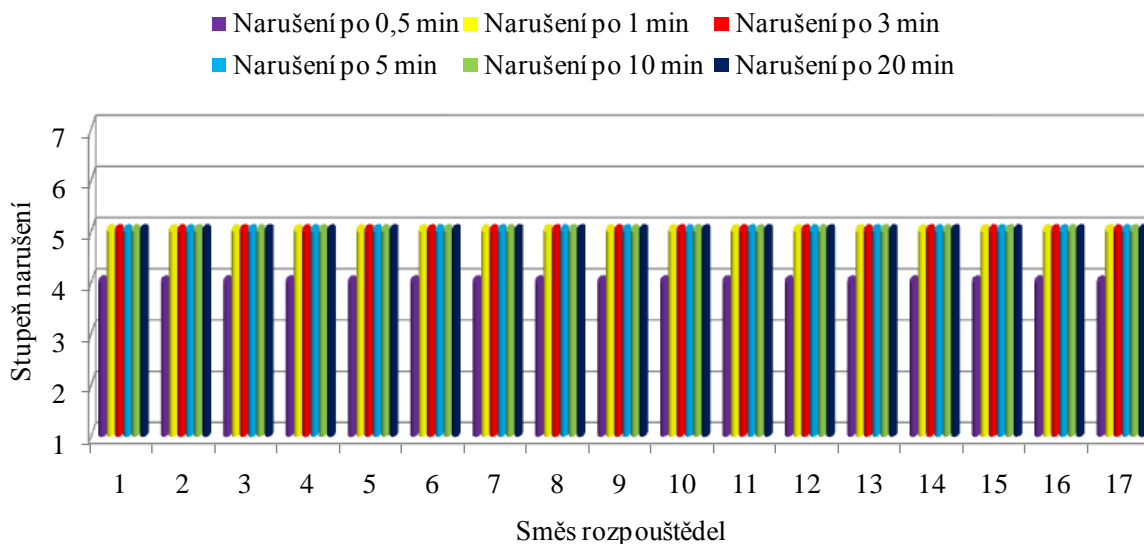
## 4.3 Výsledky odolnosti polyesterového nátěru

Tento polyesterový nátěr má široké použití, používá se především k povlakování materiálů, které budou vystaveny povětrnostním vlivům.

Odolnost PES nátěru se zkoušela 17 směsmi rozpouštědel. Každá ze směsí na podkladový materiál působila po dobu 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10 – 20 min.

Polyesterový nátěr byl narušen již po 0,5 minutách působení rozpouštědel. Narušení povrchu bylo patrné i u směsí, které neobsahovaly cyklohexanon. U povrchu došlo ke zmatnění a při působení delším jak 0,5 minut došlo k částečné ztrátě barevného odstínu. Ale ani při působení rozpouštědel 20 minut nedošlo k úplnému narušení nátěru. Takže lze usoudit, že tento nátěr je poměrně odolný. Sice už při neparném styku s rozpouštědly dochází ke ztrátě lesku, ale i při delším působení rozpouštědel nedochází k narušení povrchu nátěru (obrázek 8).

Navzdory odolnosti nátěru nemohlo být zkoušeno čištění, protože ztráta lesku znemožňovala další hodnocení.



Obrázek 8: Odolnost polyesterového nátěru vůči rozpouštědlům

#### 4.4 Výsledky stanovení vlastností polyuretanového nátěru

U polyuretanového nátěru byla stanovena tloušťka a stupeň zasychání nátěru. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 15. Tloušťka nátěrového systému byla stanovena na 120  $\mu\text{m}$ . Stupeň zasychání byl hodnocen stupněm 1, tedy nátěr při styku s dlaní nelepil.

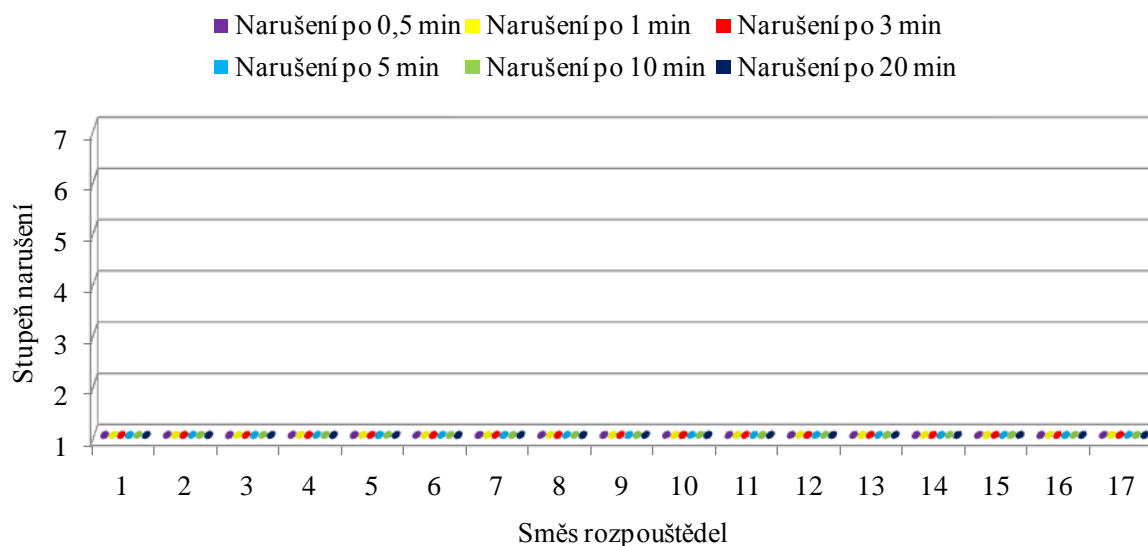
Tabulka 15 Základní vlastnosti polyuretanového nátěru

Charakteristika	Stupeň
Tloušťka	120 $\mu\text{m}$
Stupeň zasychání	1

#### 4.5 Výsledky odolnosti polyuretanového nátěru

Odolnost PUR nátěru se zkoušela stejně jako v předchozích případech. Rozpouštědla působila na nátěr ve stejných časových intervalech a to 0,5 – 1 – 3 – 5 – 10 – 20 min.

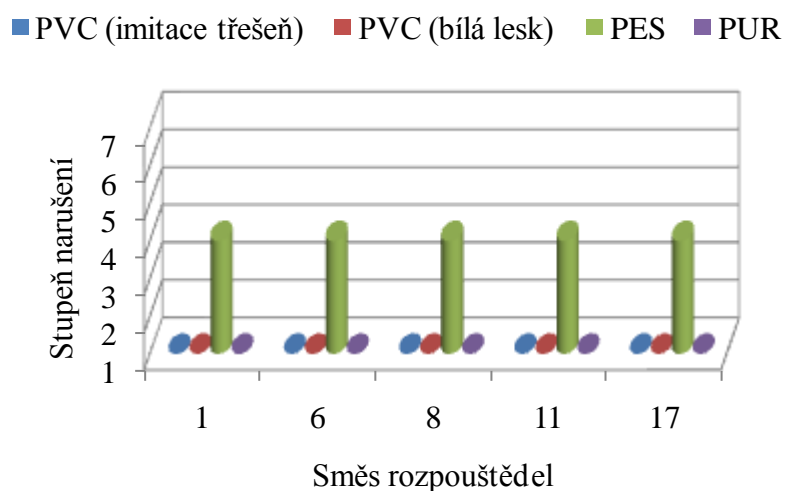
Z obrázku 9 vyplývá, že polyuretanový nátěr je velmi odolný. Ani po působení směsi s nejvyšším obsahem cyklohexanonu po 20 minutách nebylo pozorováno žádné narušení. Povrch zůstává dále lesklý a nenarušený.



Obrázek 9: Odolnost polyuretanové nátěru vůči rozpouštědlům

#### 4.6 Porovnání odolnosti povlaků

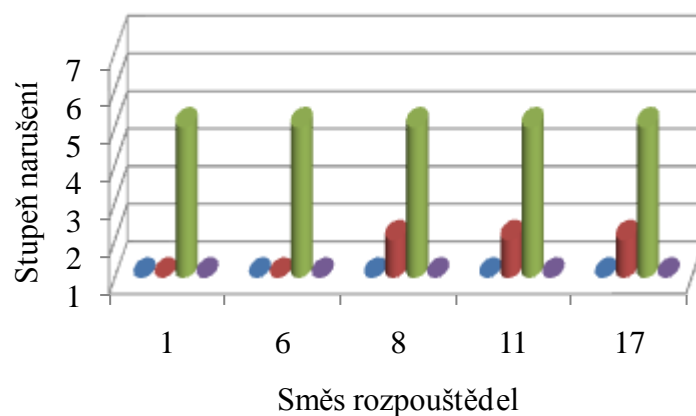
Pro porovnání byly vybrány pouze některé směsi podle jejich účinnosti. Nejvíce narušil povrch cyklohexanon a poté  $\gamma$ -butyrolakton. Proto byly pro porovnání vybrány směsi tak, aby obsahovaly co nejméně nebo naopak co nejvíce cyklohexanonu (směsi 1, 6, 8, 11, 17).



Obrázek 10: Stupeň narušení polymerních povlaků po 0,5 minutě

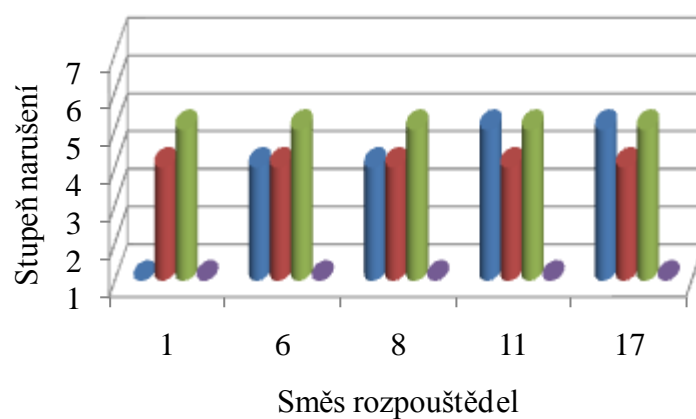


■ PVC (imitace třeseň) ■ PVC (bílá lesk) ■ PES ■ PUR



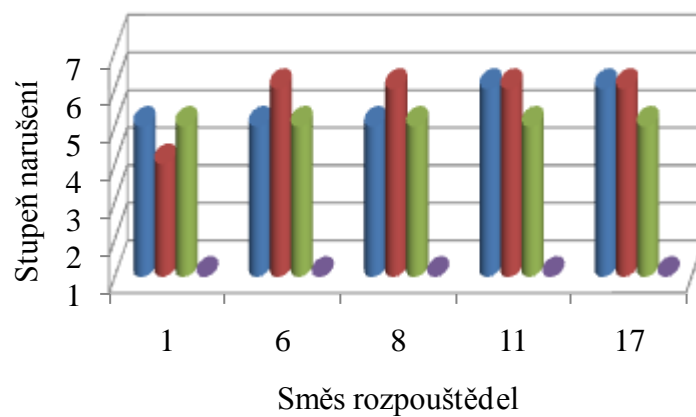
Obrázek 11: Stupeň narušení polymerních povlaků po 1 minutě

■ PVC (imitace třeseň) ■ PVC (bílá lesk) ■ PES ■ PUR



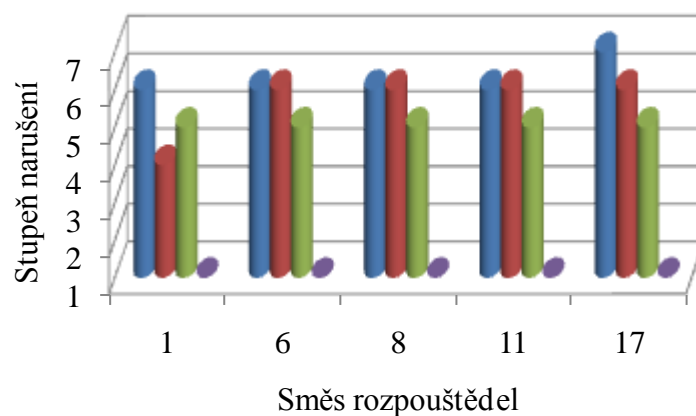
Obrázek 12: Stupeň narušení polymerních povlaků po 3 minutách

■ PVC (imitace třeseň) ■ PVC (bílá lesk) ■ PES ■ PUR



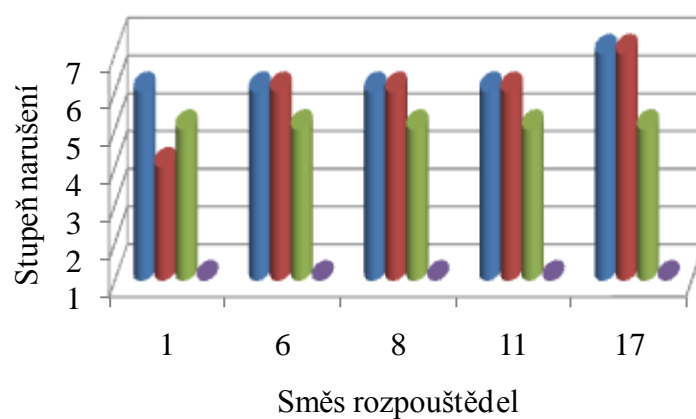
Obrázek 13: Stupeň narušení polymerních povlaků po 5 minutách

■ PVC (imitace třeseň) ■ PVC (bílá lesk) ■ PES ■ PUR



Obrázek 14: Stupeň narušení polymerních povlaků po 10 minutách

■ PVC (imitace třeseň) ■ PVC (bílá lesk) ■ PES ■ PUR



Obrázek 15: Stupeň narušení polymerních povlaků po 20 minutách

Na obrázku 16 je srovnání všech materiálů, na které jednotlivá rozpouštědla působila 20 minut. Lze pozorovat, že PES povlak ztratil lesk a barvu. U obou PVC došlo k narušení vrchní vrstvy a u PUR povlaku nedošlo k žádné změně.



Obrázek 16: Odolnost polymerních povlaků po 20 minutách (PES, PVC-imitace třešeň, PVC-bílá lesk, PUR)

## 4.7 Výsledky odstranitelnosti modelových nečistot

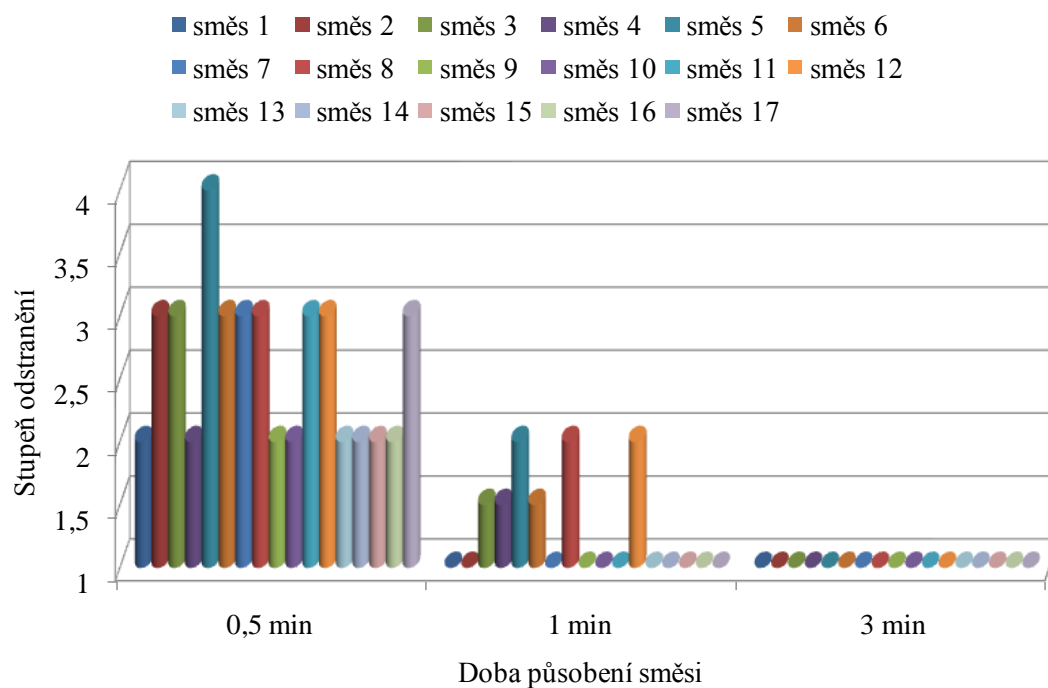
### 4.7.1 Povlaky polyvinylchloridu

Na polyvinylchloridových povlacích byla zkoušena odstranitelnost barevného spreje, černého a červeného permanentního fixu a stříbrného lakového fixu. Odstranění se provádělo všemi 17 směsmi a doba působení těchto směsí byla různá, to znamená, dokud se nečistota neodstranila nebo nedošlo k výraznému porušení povlaku.

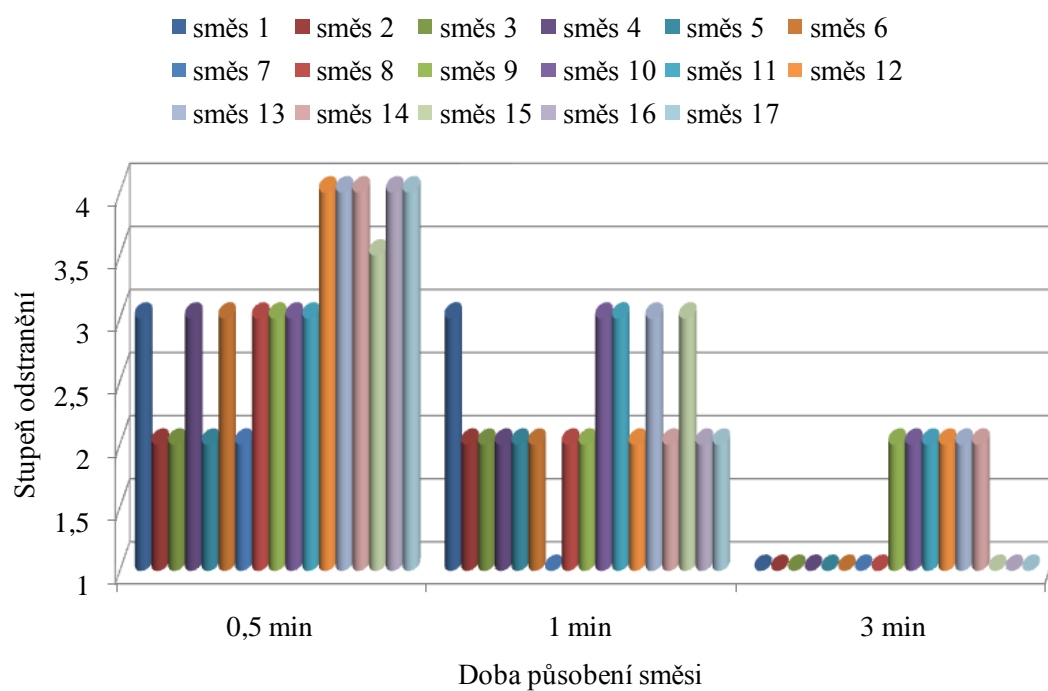
#### 4.7.1.1 PVC (imitace třešeň)

Jelikož není odolnost PVC povlaků velká, je důležité, aby směs rozpouštědel nepůsobila na povrch moc dlouho. U tohoto typu povlaku pouze směsi 1 – 5 mohou na povrch působit až 3 minuty.

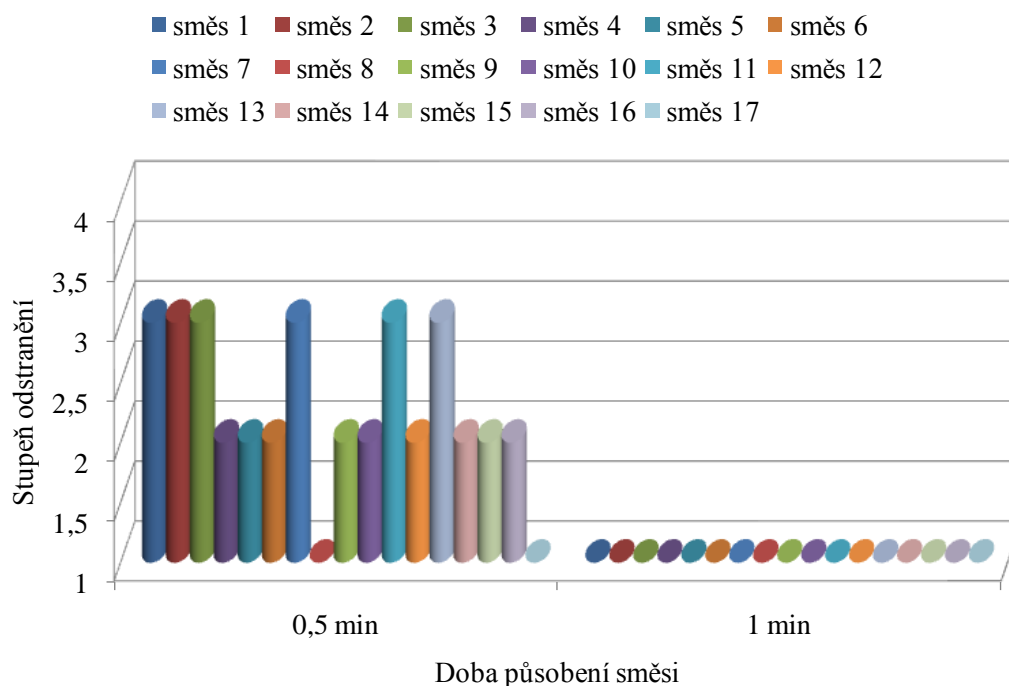
Nejméně odolnou nečistotou v tomto případě se ukázal fix permanent červený a lakový stříbrný. Oba tyto fixy bylo možné z povrchu odstranit už po 1 minutě působení u všech směsí. Nejhůře z povrchu bylo možné odstranit fix permanent černý. Ani po 1 minutě nedošlo k očištění a při působení směsí 3 minuty na povrch došlo k narušení povlaku a barva se dostala do dalších vrstev PVC. Barevný sprej byl také dokonale odstraněn, u směsí které obsahovaly více cyklohexanonu, došlo k očištění povrchu už po 1 minutě. U směsí, které obsahovaly cyklohexanon a 60 – 80%  $\gamma$ -butyrolakton byla zhoršena účinnost čištění nečistot z PVC povlaků. Odstranitelnost nečistot je ukázána na obrázku 17 – 20.



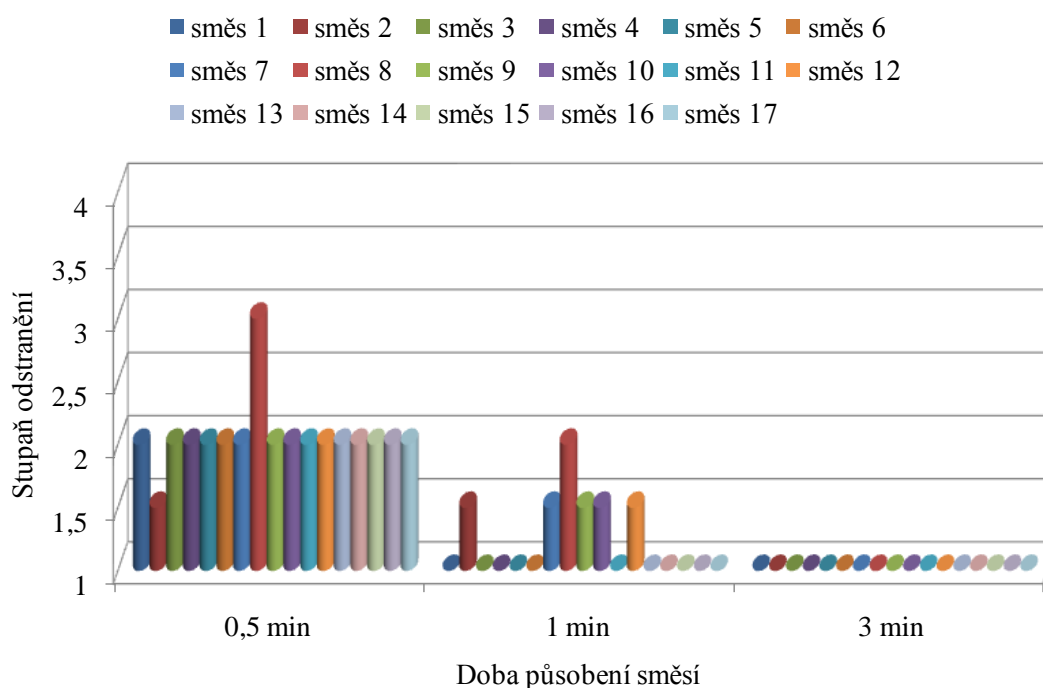
Obrázek 17: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění barevného spreje



Obrázek 18: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění permanentního fixu černého



Obrázek 19: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění permanentního fixu červeného



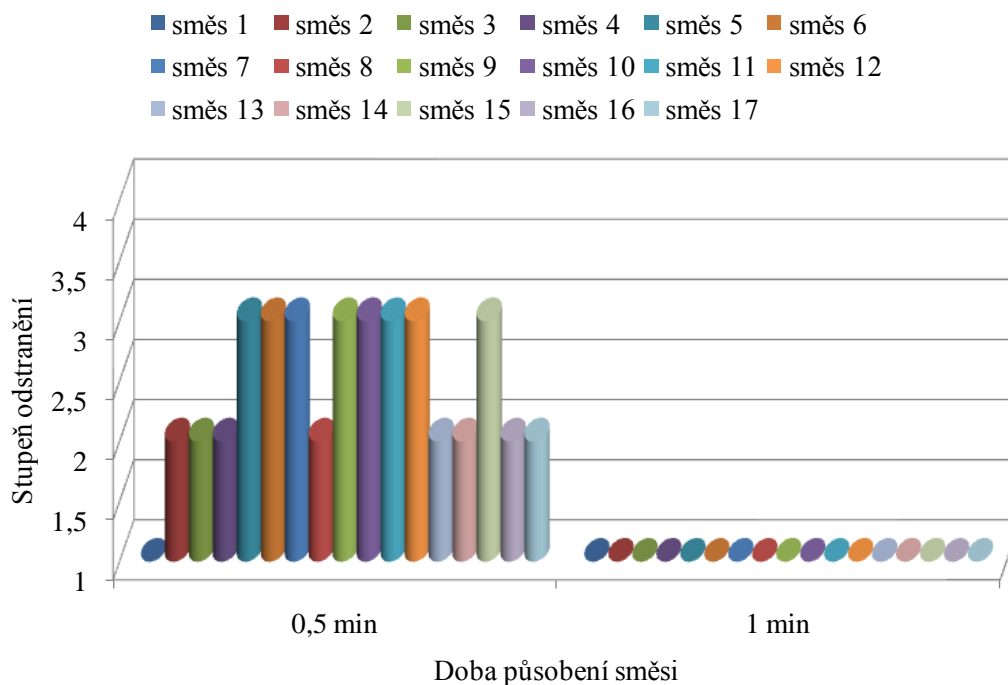
Obrázek 20: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění lakového fixu stříbrného

#### 4.7.1.2 PVC (bílá lesk)

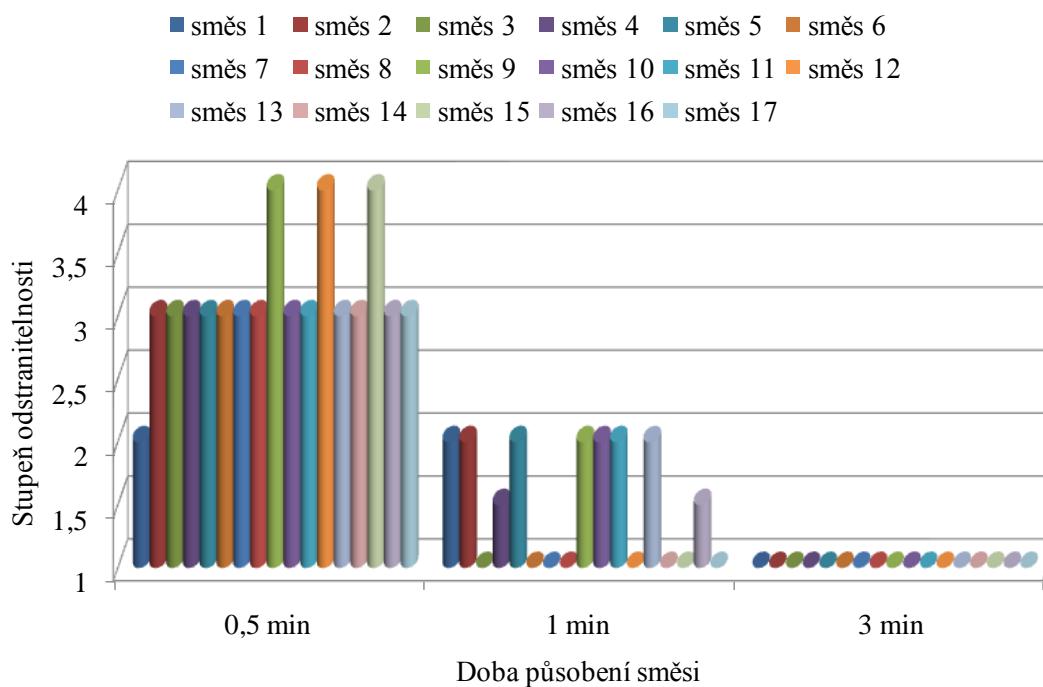
Ani u tohoto PVC povlaku není odolnost příliš velká. Směsi rozpouštědel mohou na povlak působit maximálně 1 minutu, aniž by došlo ke ztrátě lesku a dalšímu narušení.

Z tohoto polyvinylchloridového povlaku byl barevný sprej, permanentní fix červený a lakový fix stříbrný odstraněn už po 1 minutě, jak jde vidět na obrázku 21, 23, 24. Černý fix byl

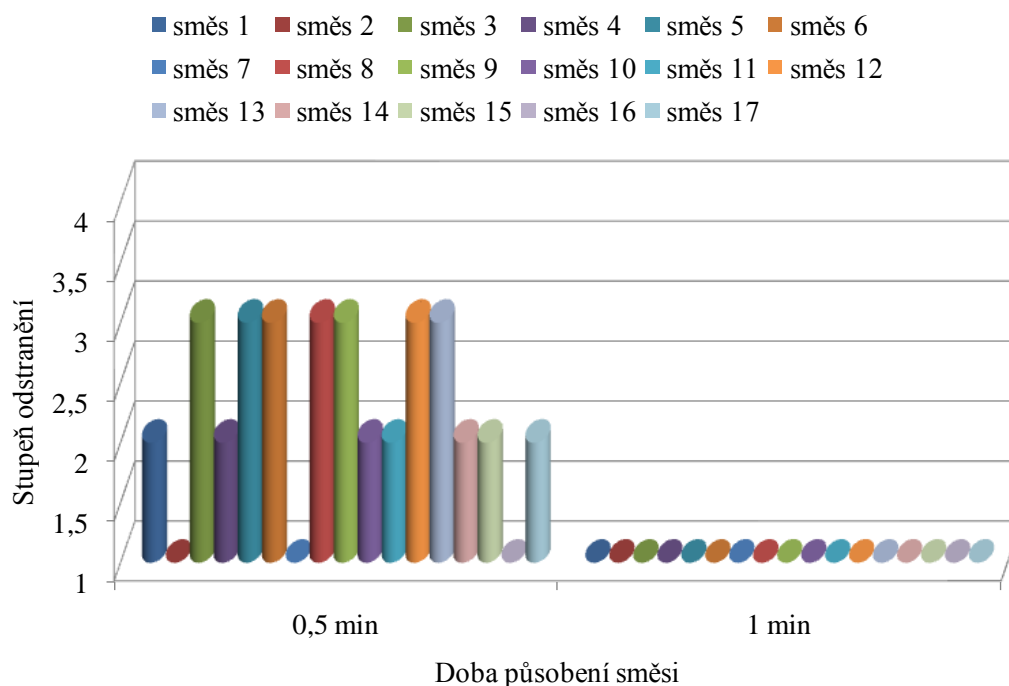
odstraněn až po 3 minutách, ale zároveň došlo ke ztrátě lesku povrchu. U bílého PVC hrál velkou roli v odstranění černého fixu obsah cyklohexanonu a  $\gamma$ -butyrolaktonu. Tím byl větší obsah těchto rozpouštědel, tím bylo očištění nečistot rychlejší; toto lze pozorovat na obrázku 22.



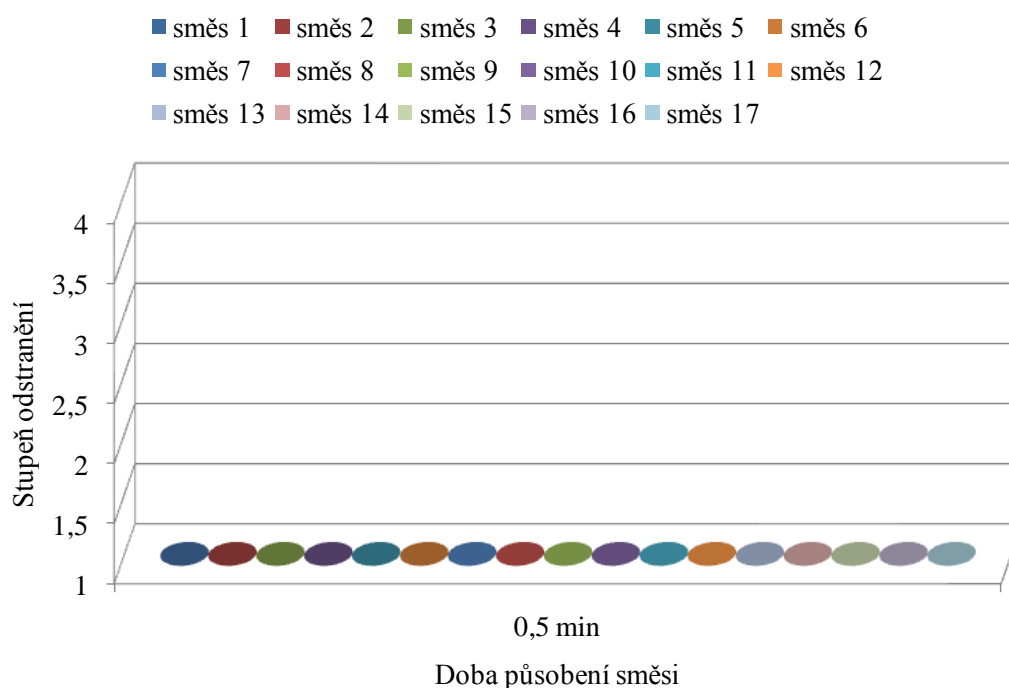
Obrázek 21: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění barevného spreje



Obrázek 22: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění permanentního fixu černého



Obrázek 23: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění permanentního fixu červeného

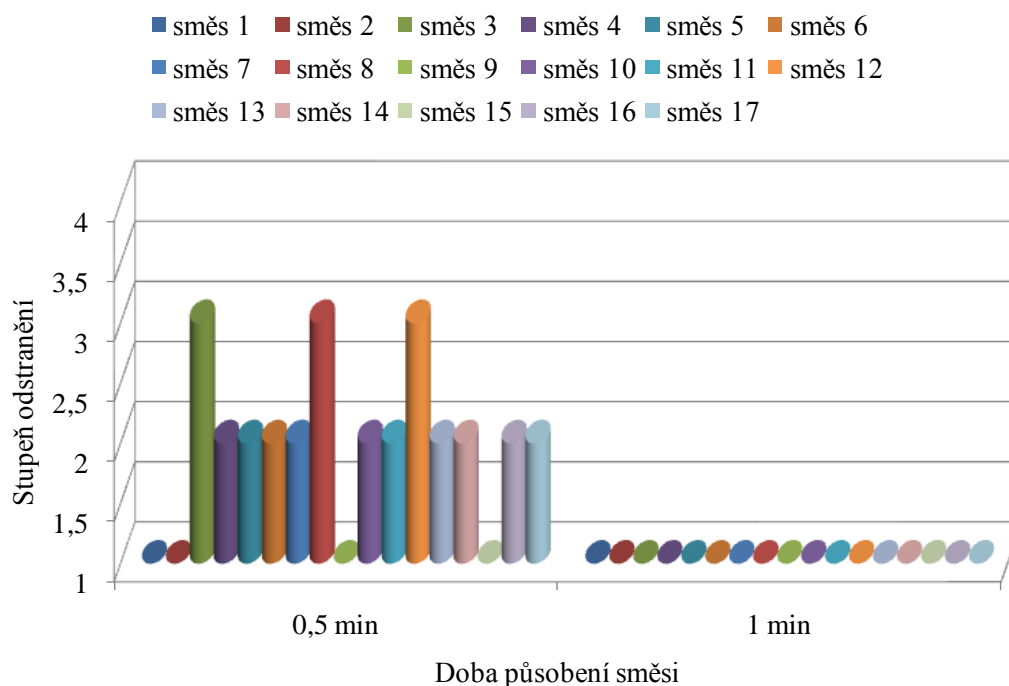


Obrázek 24: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění lakového fixu stříbrného

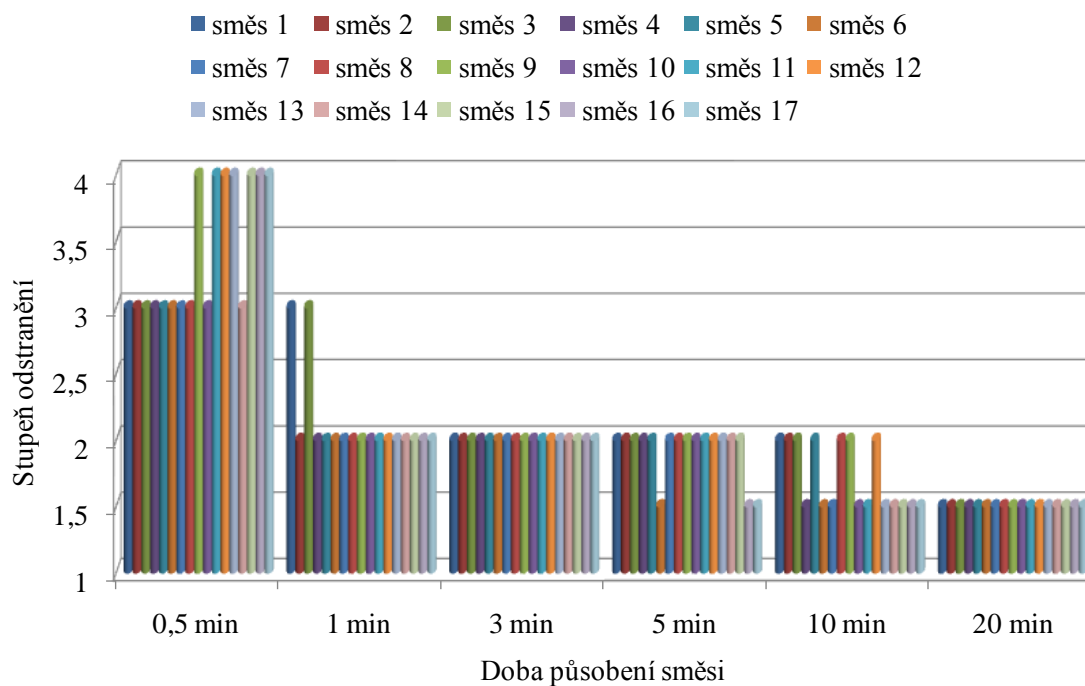
#### 4.7.2 Polyuretanový povlak

Polyuretanový povlak je vysoce odolný, rozpouštědla na tento povlak mohou působit až 20 minut, aniž by došlo ke změně povrchu. Barevný sprej byl z povrchu odstraněn po 1 minutě a stříbrný lakový fix byl odstraněn po 0,5 minutě. U tohoto odstranění nebyl patrný rozdíl mezi složením jednotlivých směsí. Rozdíl se projevil pouze v čase odstranění, směs 1, 2, 9 a 15 odstranila barevný sprej už po 0,5 minutách v obrázku 25 a 28. Na obrázku 26 a 27

vidíme že, permanentní fix černý a červený se nepodařilo odstranit ani po 20 minutách působení směsi.

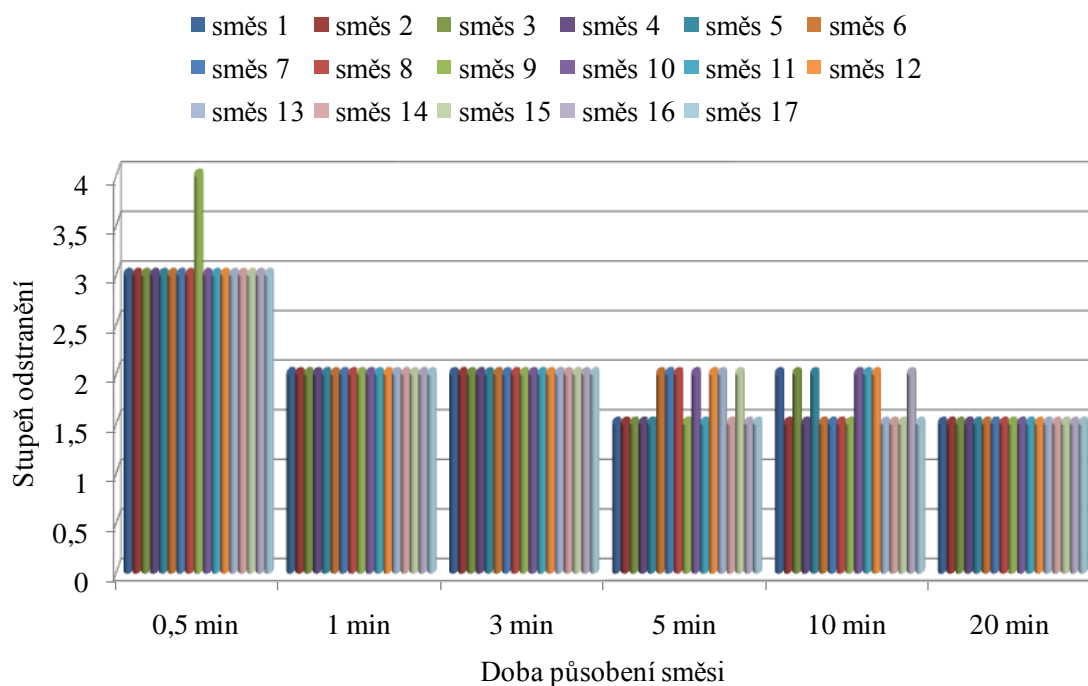


Obrázek 25: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění barevného spreje

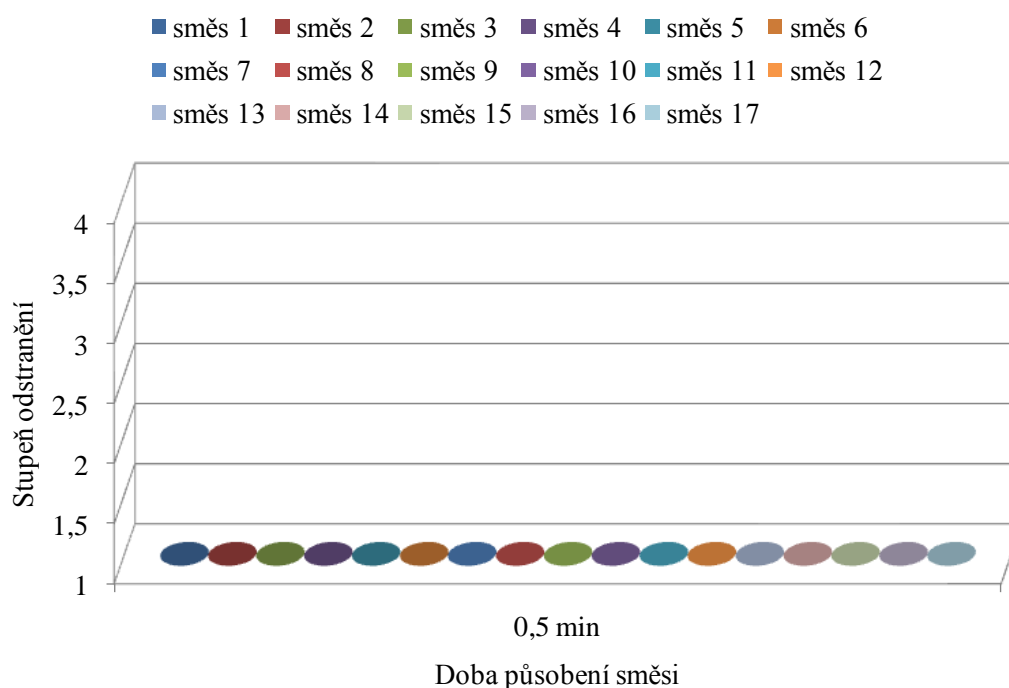


Obrázek 26: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění permanentního fixu černého





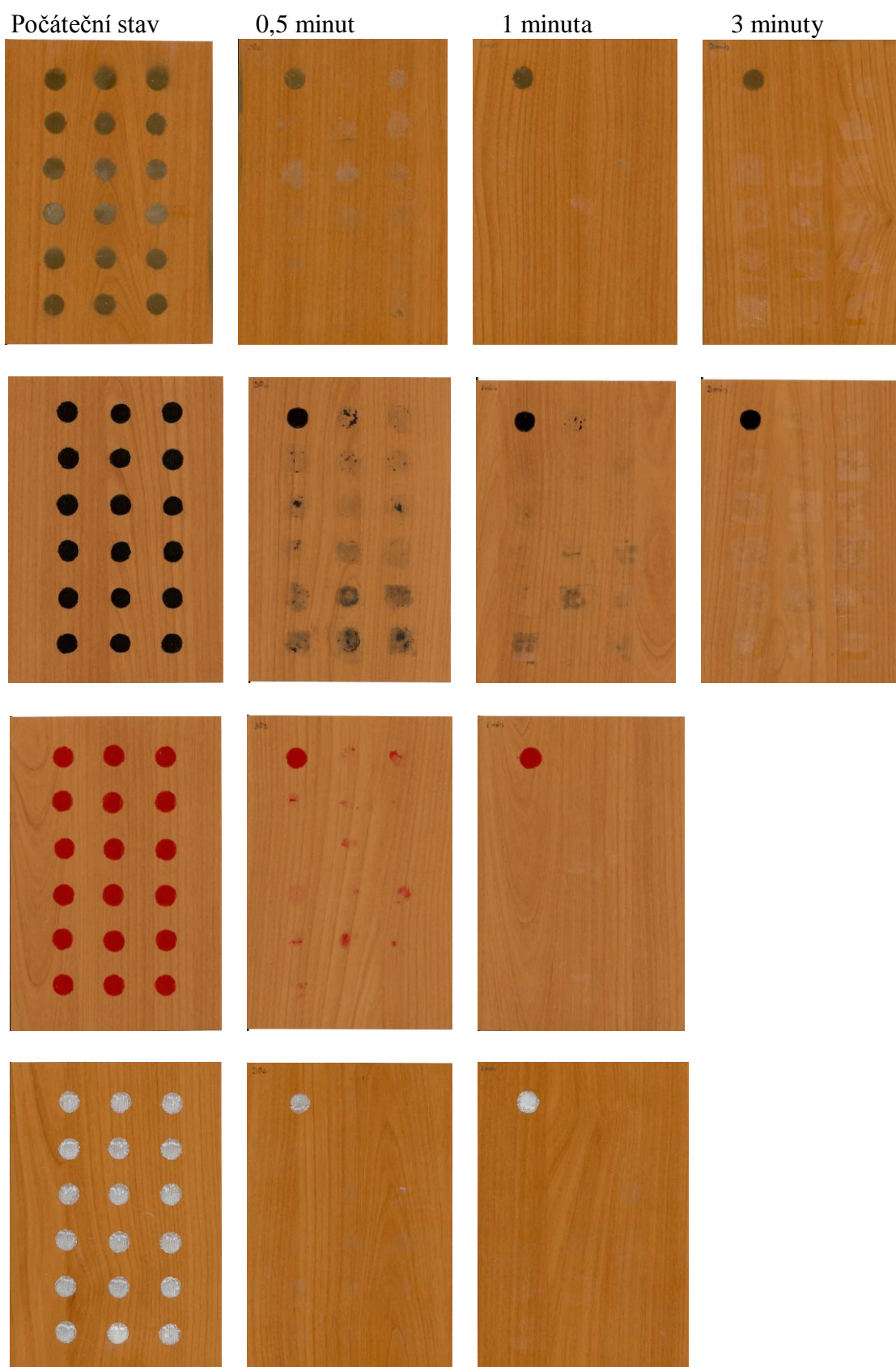
Obrázek 27: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění permanentního fixu červeného



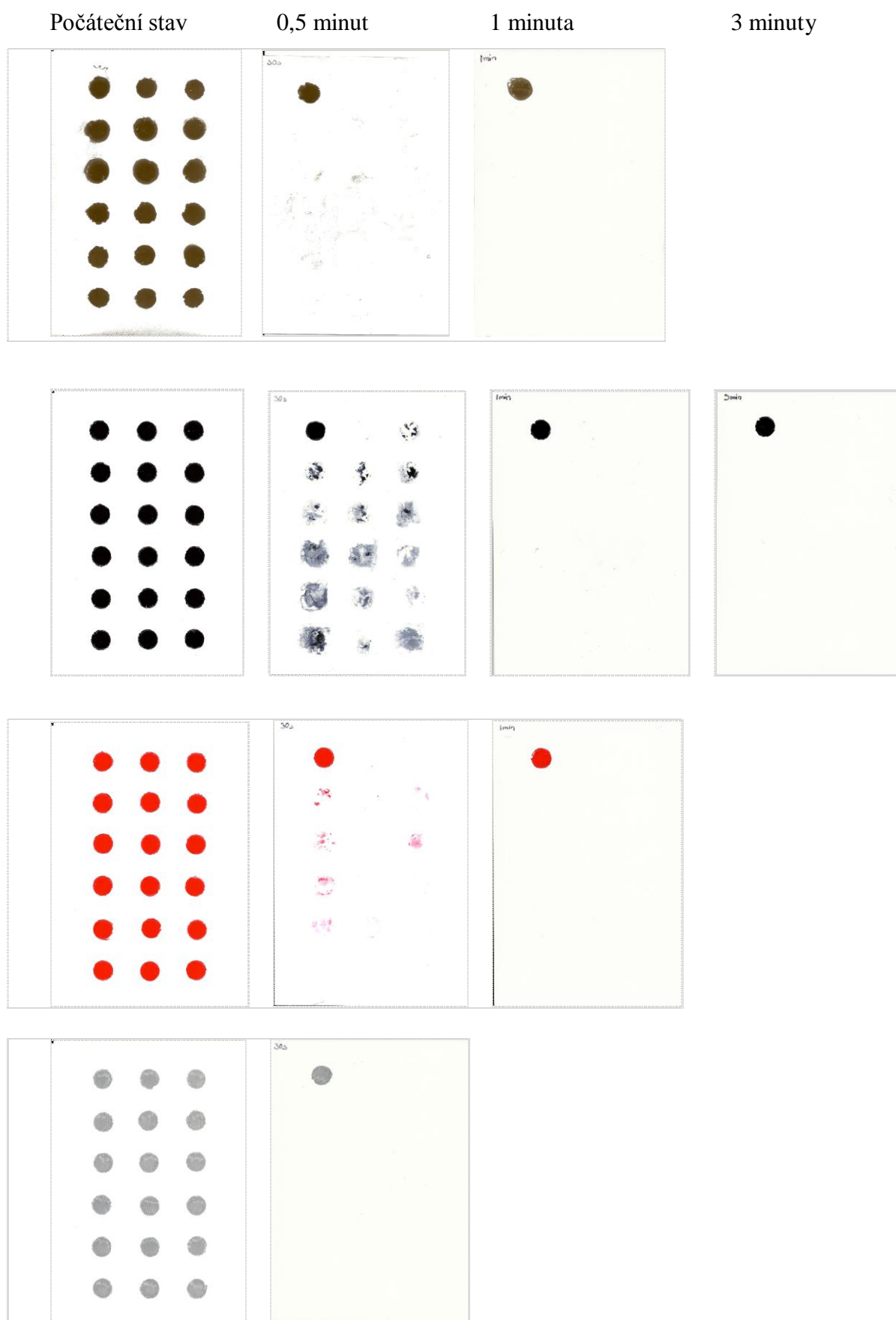
Obrázek 28: Vliv směsí rozpouštědel na odstranění lakového fixu stříbrného

#### 4.7.3 Obrázkové znázornění odstranění modelových nečistot

Na obrázcích 29 až 31 je dokumentováno, jak působila rozpouštědla na modelovou nečistotu 0,5 – 1 – 3 minuty. Byly vybrány pouze tyto tři časy, protože při odstraňování nečistot je snaha tyto nečistoty odstranit, co nejrychleji, v praxi většinou do 3 minut. Na prvním obrázku je vždy daný povlak s modelovou nečistotou a dále jednotlivé čištěné povlaky v daném čase.



Obrázek 29: Odstranění modelových nečistot (shora – barevný sprej; permanent černý, červený; lakový fix stříbrný;) z PVC (imitace třešeň)



Obrázek 30: Odstranění modelových nečistot (shora – barevný sprej; permanent černý, červený; lakový fix stříbrný) z PVC (bílá lesk)



Obrázek 31: Odstranění modelových nečistot (shora – barevný sprej; permanent černý, červený; lakový fix stříbrný) z PUR povlaku

## 5 ZÁVĚR

V bakalářské práci se nejdříve hodnotila odolnost povlaku proti směsi rozpouštědel. Tyto směsi byly namíchány v různých poměrech cyklohexanonu –  $\gamma$ -butyrolaktonu – TOU. Odolnost polyvinylchloridových povlaků byla poměrně nízká. K narušení došlo u PVC s imitací třešně už po 3 minutách, u bílého lesklého PVC došlo k narušení povlaku již po 1 minutě. U obou typů PVC došlo po delším působení směsi rozpouštědel i k odstranění vrchního povlaku. U polyesterového povlaku došlo k narušení povlaku již po 0,5 minutách, ale i když působily směsi rozpouštědel delší dobu, nedošlo k úplnému narušení povrchu. PVC a PES povlaky byly narušeny různě a narušení záviselo na druhu směsi rozpouštědel. Směsi, které obsahovaly vyšší procento cyklohexanonu, narušily povrch ve stejné časové době víc než směsi s menším obsahem. Polyuretanový povrch nebyl ani po 20 minutách působení směsí rozpouštědel narušen.

Dále se hodnotil stupeň odstranění modelových nečistot z těchto povrchů. U každého povrchu byla délka a stupeň odstranění odlišný. Nejhůře se však ze všech povrchů odstraňoval fix permanent černý. Z PVC byl barevný sprej, permanent červený a fix lakový stříbrný odstraněn snadno. Permanent černý nebyl z PVC (imitace třešně) odstraněn, aniž by došlo k narušení povlaku. Zatímco z PVC (bílá lesk) byl permanent černý odstraněn za 3 minuty. Jako nejlepší směs rozpouštědel na odstranění nečistot, byla v tomto případě, vybrána směs cyklohexanon: $\gamma$ -butyrolakton:TOU v hmotnostním poměru 20:60:20. Na polyesterovém nátěru se odstranění nečistot neprovádělo, protože povrch byl rozpouštědly narušen již po 0,5 minutách. U polyuretanového nátěru byl barevný sprej a fix lakový stříbrný očištěn bez větších problémů. Fix permanent černý a červený se ani po 20 minutách nepodařilo odstranit. Nejlepší směs rozpouštědel na čištění polyuretanových povlaků, byla ta s větším obsahem cyklohexanonu. Cyklohexanon nečistotu narušil a její čištění bylo snazší.

Výsledky bakalářské práce naznačují, že lze úspěšně vyřešit formulace čisticích prostředků s různým průmyslovým a spotřebitelským užitím a to bez použití toxických rozpouštědel, zejména dosud široce používaného N-methyl-2-pyrrolidon. Vzhledem k tomu, že v některých případech je podle dosažených výsledků účinnost nově formulovaných směsí netoxických rozpouštědel srovnatelná s účinností klasických rozpouštědel toxických, lze považovat dosažené výsledky bakalářské práce velmi významné.

Z tohoto pohledu se pro řešení případů dalších interakcí mezi vybranými polymerními materiály a organickými rozpouštědly považuje pokračovat v řešení této významné problematiky a pozornost v dalším období věnovat možnostem použití nové generace netoxických rozpouštědel bez negativního účinku na životní prostředí.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] TULKA, Jaromír. *Povrchové úpravy materiálů*. 1. vyd. Brno: VUT, 2005. 136 s. ISBN 80-214-3062-1.
- [2] SVOBODA, Miroslav. *Protikorozi ochrana kovů organickými povlaky*. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1985. 240 s.
- [3] GRIMMER, Jiří, MÁLEK, Miroslav, SANTHOLZER, Robert. *Organická rozpouštědla*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. 240 s.
- [4] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery. Výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 1. vyd. VŠCHT Praha, 1995. 354 s. ISBN 95-166-34/95.
- [5] JARUŠEK, Jaroslav. *Technologie nátěrových hmot*. 1. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Pardubicích, 1979. 189 s.
- [6] LUKAVSKY, Ladislav. *Nátěrové hmoty a přípravky pro povrchové úpravy*. 1. vyd. Praha: Merkur, 1985. 272 s.
- [7] KALEDOVA, Andrea, KALENDA, Petr. *Technologie nátěrových hmot: Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. 328 s. ISBN 80-7194-691-5.
- [8] FIKR, Jaroslav. *Názvosloví organické chemie*. 3. vyd. Olomouc: Rubiko, 2008. 243. ISBN 978-80-7346-088-4
- [9] Technical data Company products. Lambiotte and Cie, 2002.
- [10] MILIČ, R., VEČEŘA, M. *Laboratorní příručka pro technologii polymerů*. 1. vyd. Pardubice: Ediční středisko VŠCHT Pardubice, 1990. 130 s. ISBN 80-85113-23-6.
- [11] Technický list Berothane 2K serie 700/...../750. Brno: V-Trade, s.r.o.
- [12] Technický list BONLEX. Tábor: RENOLIT Czech, s.r.o.
- [13] Technický list COVAREN. Tábor: RENOLIT Czech, s.r.o.
- [14] Technický list REALCOAT(TM) PE BLACK RAL9005 SEMI-GLOSS SMOOTH. Brno: SURFIN, s.r.o.
- [15] Technical data NEW ACETALS. Lambiotte.
- [16] Malek, M, TRNKA, J. *Zkoušení nátěrových hmot nátěrů*. 1. vyd. Praha: STNL, 1959. 248 s. ISBN 05-113
- [17] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty – mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut. 2007 16s.
- [18] Operating instructions Elcometer 107, Cross hatch cutter. Manchester: Elcometer limited, 2008

## **7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

PVC – polyvinylchlorid

PES – polyester

PUR – polyuretan

TOU – 2,5,7,10-tetraoxadekan